

# Archivos

## de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

ISSN: 0212-8799

187

Volumen 35(5)  
Septiembre - Octubre 2018



### ORIGINALES

Análisis de los patrones de hidratación de gimnastas de élite. Intervención para mejorar el rendimiento

Effect of disease duration on somatotype in a Mexican population with type 2 diabetes mellitus using structural equation modeling

Respuesta de la glucemia frente a dos intensidades de ejercicio físico realizado en ayunas en mujeres jóvenes

Estudio del estado de hidratación de futbolistas profesionales mediante diferentes métodos de evaluación de la composición corporal

Fuerza isocinética y test de salto vertical en paracaidistas acrobáticos

### REVISIONES

Las tareas de contracción muscular isométricas o de movimientos repetitivos para evaluar los efectos de la fatiga. Una revisión sistemática

Methods of evaluating the force-velocity profile through the vertical jump in athletes: a systematic review



# DiaSpect Tm



## ANALIZADOR de HEMOGLOBINA PORTÁTIL

¡OFERTA LANZAMIENTO!

- Resultados precisos en menos de 2 segundos.
- Coeficiente de Variación (CV) inferior al 1%.
- Medidas: 15cm x 9cm x 4cm

Conexión Bluetooth, lo que unido a la App **POC Connect** (exclusivamente versión para Android a través de Play Store), permite ver en el smartphone a tiempo real los resultados de hemoglobina y nos permite su almacenamiento (pudiendo incorporar la identificación del paciente,...) y exportación en formato .CSV, también su envío mediante email,...

El medidor de hemoglobina DiaSpect TM nos va a permitir de una forma rápida y económica, conocer el nivel de Hemoglobina del deportista partiendo de una muestra de sangre de menos de 10 microlitros.

**Rapidez, Fiabilidad y Precisión**



**387,20€**

IVA y Transporte  
incluidos

Descuento  
Adicional de **10 €**  
introduciendo  
el código:  
**Diaspmedep**



*Analizador de Hemoglobina DiaSpect Tm*

+ 100 cubetas para el análisis

+ Caja de 100 Lancetas Unistik 21G





Sociedad Española de Medicina del Deporte

**Junta de Gobierno**

**Presidente:**

Pedro Manonelles Marqueta

**Vicepresidente:**

Carlos de Teresa Galván

**Secretario General:**

Luis Franco Bonafonte

**Tesorero:**

Javier Pérez Ansón

**Vocales:**

Miguel E. Del Valle Soto

José Fernando Jiménez Díaz

Juan N. García-Nieto Portabella

Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea

José Naranjo Orellana

**Edita**

Sociedad Española de Medicina del Deporte

Iturrana, 43 bis.

31007 Pamplona. (España)

Tel. 948 267 706 - Fax: 948 171 431

femede@femede.es

www.femede.es

**Correspondencia:**

Ap. de correos 1207

31080 Pamplona (España)

**Publicidad**

ESMON PUBLICIDAD

Tel. 93 2159034

**Publicación bimestral**

Un volumen por año

**Depósito Legal**

Pamplona. NA 123. 1984

**ISSN**

0212-8799

**Soporte válido**

Ref. SVR 389

**Indexada en:** EMBASE/Excerpta Medica, Índice Médico Español, Sport Information Resource Centre (SIRC), Índice Bibliográfico Español de Ciencias de la Salud (IBECS), y Índice SJR (SCImago Journal Rank).



La Revista Archivos de Medicina del Deporte ha obtenido el Sello de Calidad en la V Convocatoria de evaluación de la calidad editorial y científica de las revistas científicas españolas, de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

La dirección de la revista no acepta responsabilidades derivadas de las opiniones o juicios de valor de los trabajos publicados, la cual recaerá exclusivamente sobre sus autores.

Esta publicación no puede ser reproducida total o parcialmente por ningún medio sin la autorización por escrito de los autores.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

# Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

Afiliada a la Federación Internacional de Medicina del Deporte, Sociedad Europea de Medicina del Deporte y Grupo Latino y Mediterráneo de Medicina del Deporte

**Director**

Pedro Manonelles Marqueta

**Editor**

Miguel E. Del Valle Soto

**Administración**

M<sup>a</sup> Ángeles Artázcoz Bárcena

**Comité Editorial**

**Norbert Bachl.** Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna. Austria. **Ramón Balius Matas.** Consell Catalá de l'Esport. Generalitat de Catalunya. España. **Araceli Boraita.** Servicio de Cardiología. Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de deportes. España. **Mats Borjesson.** University of Gothenburg. Suecia. **Josep Brugada Terradellas.** Hospital Clinic. Universidad de Barcelona. España. **Nicolas Christodoulou.** President of the UEMS MJC on Sports Medicine. Chipre. **Demitri Constantinou.** University of the Witwatersrand. Johannesburg. Sudáfrica. **Jesús Dapena.** Indiana University. Estados Unidos. **Franchek Drobnic Martínez.** Servicios Médicos FC Barcelona. CAR Sant Cugat del Vallés. España. **Tomás Fernández Jaén.** Servicio Medicina y Traumatología del Deporte. Clínica Centro. España. **Walter Frontera.** Universidad de Vanderbilt. Past President FIMS. Estados Unidos. **Pedro Guillén García.** Servicio Traumatología del Deporte. Clínica Centro. España. **Dusan Hamar.** Research Institute of Sports. Eslovaquia. **José A. Hernández Hermoso.** Servicio COT. Hospital Universitario Germans Trias i Pujol. España. **Pilar Hernández Sánchez.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Markku Jarvinen.** Institute of Medical Technology and Medical School. University of Tampere. Finlandia. **Anna Jegier.** Medical University of Lodz. Polonia. **Peter Jenoure.** ARS Ortopédica, ARS Médica Clinic, Gravesano. Suiza. **José A. López Calbet.** Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. **Javier López Román.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Alejandro Lucía Mulas.** Universidad Europea de Madrid. España. **Emilio Luengo Fernández.** Servicio de Cardiología. Hospital General de la Defensa. España. **Nicola Maffully.** Universidad de Salerno. Salerno (Italia). **Pablo Jorge Marcos Pardo.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Alejandro Martínez Rodríguez.** Universidad de Alicante. España. **Estrella Núñez Delicado.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Sakari Orava.** Hospital Universitario. Universidad de Turku. Finlandia. **Eduardo Ortega Rincón.** Universidad de Extremadura. España. **Nieves Palacios Gil-Antuñano.** Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de Deportes. España. **Antonio Pelliccia.** Institute of Sport Medicine and Science. Italia. **José Peña Amaro.** Facultad de Medicina y Enfermería. Universidad de Córdoba. España. **Fabio Pigozzi.** University of Rome Foro Italico, President FIMS. Italia. **Per Renström.** Stockholm Center for Sports Trauma Research, Karolinska Institutet. Suecia. **Juan Ribas Serna.** Universidad de Sevilla. España. **Peter H. Schober.** Medical University Graz. Austria. **Jordi Segura Noguera.** Laboratorio Antidopaje IMIM. Presidente Asociación Mundial de Científicos Antidopajes (WAADS). España. **Giulio Sergio Roi.** Education & Research Department Isokinetic Medical Group. Italia. **Luis Serratosa Fernández.** Servicios Médicos Sanitas Real Madrid CF. Madrid. España. **Nicolás Terrados Cepeda.** Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias. Universidad de Oviedo. España. **José Luis Terreros Blanco.** Subdirector Adjunto del Gabinete del Consejo Superior de Deportes. España. **Juan Ramón Valentí Nin.** Universidad de Navarra. España. **José Antonio Villegas García.** Académico de número de la Real Academia de Medicina de Murcia. España. **Mario Zorzoli.** International Cycling Union. Suiza.



UCAM  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE MURCIA



AEPSAD  
AGENCIA ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN  
DE LA SALUD EN EL DEPORTE

# Los analizadores de Lactato\* de los Deportistas de Élite

*\*El lactato es el indicador líder del acondicionamiento aeróbico para los deportistas, y un elemento clave para predecir la fatiga muscular y el rendimiento deportivo*



Tiempo medición: 10 segundos  
Rango medición: 0,5-25 mmol/L  
Volumen de muestra: 0,2  $\mu$ l  
Transmisión datos PC : Sí (Incorpora chip bluetooth)  
Pila: 2 baterías de 1.5V AAA/LR03  
Software: Lactate Scout Assistant Gratuito

**Lactate Scout+**



Tiempo de Medición: 13 segundos  
Rango Medición: 0,3-25 mmol/L  
Volumen de muestra: 0,7  $\mu$ l  
Transmisión datos PC: Sí (el cable se vende por separado)  
Pila: Botón - 3V DL2450  
Software: Lactate Plus - CD incluido con el cable

**LACTATE PLUS**



Tiempo medición: 15 segundos  
Rango medición: 0,5-25 mmol/L  
Volumen de muestra: 0,3  $\mu$ l  
Transmisión datos PC : Sí (el cable se vende por separado)  
Pila: Botón - 3V CR2032  
Software. Meqnet Windriver.

CD incluido con el cable

**Lactate Pro™ 2**

Todos los analizadores portátiles de lactato líderes en el mercado, a la venta en:

**Laktate**  
[www.laktate.com](http://www.laktate.com)

619 284 022 

# Archivos

## de medicina del deporte

Volumen 35(5) - Núm 187. Septiembre - Octubre 2018 / September - October 2018

### Sumario / Summary

#### Editorial

- La combinación de ejercicio y nutrición en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles**  
**Combining exercise and nutrition for the prevention and treatment of non-communicable chronic diseases**  
Marcela González-Gross ..... 286

#### Originales / Original articles

- Análisis de los patrones de hidratación de gimnastas de élite. Intervención para mejorar el rendimiento**  
**Analysis of hydration patterns of elite gymnasts. Intervention to improve performance**  
Julen Fernández de Landa, Robert Strunk, Jorge Fernández, Sergio Jiménez, Nieves Palacios ..... 289
- Effect of disease duration on somatotype in a Mexican population with type 2 diabetes mellitus using structural equation modeling**  
**Efecto del tiempo de evolución de la enfermedad en el somatotipo de una población Mexicana con diabetes mellitus tipo 2 usando modelamiento de ecuaciones estructurales**  
Tomás J. Martínez-Cervantes, Lidia de Jesús Martínez-Martínez, Tomás J. Martínez-Martínez, Antonino Aguiar-Barrera, Ángel González-Cantú, Neri A. Álvarez Villalobos, Oscar Salas-Fraire ..... 299
- Respuesta de la glucemia frente a dos intensidades de ejercicio físico realizado en ayunas en mujeres jóvenes**  
**Blood glucose response to two intensities of physical exercise in young women during fasting**  
Juan C. Sánchez-Delgado, Adriana Angarita-Fonseca, Clara L. Aguirre-Aguirre, Diana M. Aguirre-Rueda, Rubén D. Pulgarín-Araque, Sandra Pinzón-Romero ..... 305
- Estudio del estado de hidratación de futbolistas profesionales mediante diferentes métodos de evaluación de la composición corporal**  
**Evaluation of the hydration status in professional football players through different body composition assessment techniques**  
Guillermo Casas Ares, Alberto López Moreno, Fernando García Oliveri, Raquel Blasco Redondo ..... 310
- Fuerza isocinética y test de salto vertical en paracaidistas acrobáticos**  
**Isokinetic strength and vertical jump test in acrobatic skydivers**  
Ignacio Martínez González-Moro, Rocío Navalón Alcañiz, María José Paredes Ruiz, José L. Lomas Albaladejo, Vicente Ferrer López ..... 317

#### Revisiones / Reviews

- Las tareas de contracción muscular isométricas o de movimientos repetitivos para evaluar los efectos de la fatiga. Una revisión sistemática**  
**The isometric muscle contraction tasks or repetitive movements to evaluate the effects of fatigue. A systematic review**  
Diego Peinado Palomino, Marta Torres Pareja, Laura Mordillo Mateos, Nuria Mendoza Láiz ..... 326
- Methods of evaluating the force-velocity profile through the vertical jump in athletes: a systematic review**  
**Métodos de evaluación del perfil fuerza-velocidad a través del salto vertical en deportistas: una revisión sistemática**  
Guido Contreras-Díaz, Daniel Jerez-Mayorga, Pedro Delgado-Floody, Leónidas Arias-Poblete ..... 333

Libros / Books ..... 340

Agenda / Agenda ..... 341

Normas de publicación / Guidelines for authors ..... 345

# La combinación de ejercicio y nutrición en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles

## Combining exercise and nutrition for the prevention and treatment of non-communicable chronic diseases

**Marcela González-Gross**

*Catedrática de Nutrición Deportiva y Fisiología del Ejercicio de la Universidad Politécnica de Madrid. Responsable del grupo de investigación ImFINE. Vicepresidenta de la Sociedad Española de Nutrición. Tesorera de la red EXERNET. Manager científico de Exercise is Medicine Spain.*

---

El aumento de la esperanza de vida y de las enfermedades crónicas no transmisibles (obesidad, diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares, cáncer, demencia, depresión) han propiciado que tanto las Ciencias del Deporte como las de Nutrición ganen en importancia en investigación y en Salud Pública. Pero la falta de conexión y colaboración entre estas áreas han hecho que la mayoría de los estudios científicos analicen los aspectos por separado. El estado actual del conocimiento científico parece indicar que lo razonable es que se aborden de forma conjunta, aunque claramente se planteen nuevos interrogantes en la combinación de ambos. Profundizar en todos se alejaría del objetivo y del espacio disponible para esta editorial, pero daremos unas breves pinceladas, extrapolables al resto.

En la prevención de la obesidad, la mayoría de los estudios realizados a todas las edades concluyen que el ejercicio físico regular provoca un menor porcentaje de masa grasa y mayor de masa magra, independientemente de la calidad de dieta. Si analizamos la relación entre la ingesta y el gasto, los más activos suelen presentar un menor porcentaje de grasa corporal e ingerir más Kcal que los inactivos, como pusimos de manifiesto en los adolescentes del estudio HELENA (Cuenca-García *et al.* 2014) y en los adultos del estudio PHYSMED (Aparicio-Ugarriza *et al.* 2018), dato que ha sido corroborado por otros. Lamentablemente, muy pocos estudios de nutrición incluyen datos sobre actividad física y gasto energético, según observamos en una revisión que estamos realizando (González-Gross *et al.*, datos sin publicar). De entre los estudios que sí incluyen la medición de la AF, la mayoría no incluye este dato para formular las conclusiones. Así, un estudio realizado en Finlandia concluía que los adultos con mayor adherencia a la dieta tradicional de los países escandinavos presentaban menor porcentaje

de grasa abdominal sin considerar que este grupo también era el que presentaba mayor actividad física (Kanerva *et al.* 2012). Por lo tanto, no tiene ningún sentido alegar que un alimento o incluso un tipo de dieta “engorda” sin tener en cuenta el gasto energético y el tipo de ejercicio que realiza un individuo o un grupo de sujetos. Asimismo, la reducción de la ingesta energética suele llevar a una reducción de la AF, tanto EAT como NEAT, y por tanto del gasto, reduciendo el posible efecto sobre el balance energético.

En relación al tratamiento de la obesidad, especialmente en las fases tempranas, no se debe recomendar/prescribir ejercicio físico sin conocer la respuesta que ese ejercicio va a tener sobre el hambre y el apetito del sujeto. Muchos estudios indican que en agudo el ejercicio inhibe hormonas estimulantes del apetito como la grelina y estimula inhibidores del apetito como el PYY o el GLP-1 (Schubert *et al.*, 2014), retrasando la comida post-esfuerzo pero no afectando a la ingesta energética, aunque también hay estudios que encuentran resultados contrarios. A largo plazo, se propone que la relación entre nivel de AF y apetito es en forma de J, aunque los datos no son concluyentes. Interesante es la propuesta de autores como Blundell que indican que hay que diferenciar entre respondedores y no respondedores, tanto a la dieta como al ejercicio. En algunos estudios, algunos sujetos incluso ganan peso. Aquí debemos hacer otro inciso en relación a la mejora de la metodología científica, ya que muchos estudios utilizan el BMI como indicador, estando demostrado que debe emplearse el % de grasa, ya que la pérdida de masa grasa y la ganancia de masa magra suele ir acompañada de ganancia ponderal, invalidando el dato del BMI. Aquí también cabe citar la pérdida de masa magra asociada al adelgazamiento. En una revisión sistemática reciente, se plantea incluso si el ejercicio físico se

---

**Correspondencia:** Marcela González-Gross  
E-mail: marcela.gonzalez.gross@upm.es

puede utilizar como herramienta de aumentar el apetito en personas mayores, pero concluyen los autores que no existen datos suficientes que apoyen esta hipótesis (Clegg y Godfrey, 2018). La relación hambre-apetito- ejercicio requiere sin duda de mayor investigación, aunque un rápido repaso en MedLine indica que se está trabajando tanto en alto rendimiento como en población general. Importante será aportar datos diferenciados por edad, sexo y grado de entrenamiento.

En la actualidad se estima que al cabo de 5 años, el 90 % de los pacientes que han seguido una dieta de adelgazamiento, incluso con ejercicio, recupera el peso perdido. Investigar sobre el tipo e intensidad del esfuerzo, junto con una combinación dietética óptima es un reto que sin duda ayudará a mejorar las cifras en la fase de mantenimiento después del adelgazamiento. Una publicación reciente del estudio DIO-Genes indica que la cantidad y el tipo de proteína puede ser relevante para manejar el riesgo cardiometabólico y de obesidad en esta fase de mantenimiento. La falta de datos sobre AF no permite avanzar en la interacción que nos ocupa.

Los procesos fisiológicos asociados al envejecimiento también están motivando líneas de investigación de cómo frenar, relentecer o incluso prevenir estos procesos. La sarcopenia es definida por el Grupo Europeo de Trabajo sobre la Sarcopenia en Personas de Edad Avanzada (EWGSOP) como una menor masa muscular asociada a una menor fuerza y rendimiento. Es motivo de investigación tanto en nutrición como en fisiología del ejercicio. En nutrición se está investigando la calidad, cantidad de proteína que se debe ingerir para evitar o revertir la sarcopenia, y como se debe distribuir esa ingesta a lo largo del día, e incluso como se debe combinar con otros alimentos y bebidas. Asimismo, se están investigando suplementos que podrían contribuir a mantener mejor la masa muscular a medida que avanza el proceso de envejecimiento. En Ciencias del Deporte, se investiga sobre protocolos de ejercicio que mejor preservan la masa muscular y la fuerza, y también sobre los mediadores metabólicos y procesos bioquímicos que se producen cuando se realiza ejercicio o se lleva una vida sedentaria. Una revisión del 2014 del grupo EWGSOP puso de manifiesto la necesidad de estudios de intervención de nutrición y/o ejercicio, de la que nosotros destacamos la necesidad de estudios combinados. La obesidad sarcopénica, la ganancia ponderal durante la menopausia, la deficiencia de vitamina D o la osteoporosis, entre otros, son factores adicionales a tener en cuenta.

En una Tesis Doctoral defendida recientemente en nuestro grupo de investigación ImFINE, en la que hemos querido profundizar en la relación entre AF, condición física y nutrición, los adultos mayores de 55 años con mejor condición física presentaban unas ingestas de macro y micronutrientes más próximas a las recomendadas que los de peor condición física (Aparicio-Ugarriza *et al.* 2018). Asimismo, observamos un mejor patrón de hidratación en los que realizan ejercicio físico de forma regular y son poco sedentarios.

Las directrices nutricionales actuales de Salud Pública como la reducción de sal, azúcar, kilocalorías y grasas están más bien pensadas para una población sedentaria, que a su vez está recibiendo unas directrices de reducir el sedentarismo y aumentar la actividad física. Nos preocupa el impacto que van a tener sobre la población físicamente activa. En este sentido, autores como Koenders *et al.* (2016) concluyen que las recomendaciones generales de reducción de sal pueden no ser apropiadas para deportistas, especialmente en ambiente caluroso. En

su estudio realizado en corredores, la dieta reducida en sodio provocó menores concentraciones plasmáticas de sodio, mayor frecuencia cardiaca y temperatura corporal frente a una mayor ingesta. Asimismo, preocupa como afectará la recomendación de reducción de sal sobre el estado nutricional del yodo, ya que la sal yodada ha sido clave en reducir esta deficiencia endémica (EUFIC, 2011). La miopatía asociada al hipotiroidismo provoca, entre otros, intolerancia al ejercicio y calambres musculares, pudiéndose incluso cerrar aquí un círculo con lo ya comentado. El consumo de carne roja se relaciona con mayor riesgo de cáncer de colon y la práctica regular de ejercicio físico parece ser un factor protector frente a este tipo de cáncer. Falta pues conocer la interacción entre dieta y ejercicio y si el efecto positivo del ejercicio contrarresta el posible efecto negativo del alimento. Datos epidemiológicos apuntan a que el ejercicio puede actuar de atenuante. Además, la recomendación de reducir la ingesta de carnes rojas afecta al aporte de hierro, mineral que suele ser deficitario en deportistas y en población general, además de otros, como el zinc, selenio y proteínas de alto valor biológico, fundamentales, entre otros, para la calidad y funcionalidad muscular. Cualquier recomendación de reducir o limitar la ingesta de alimentos conlleva un posible riesgo de malnutrición en una especie de efecto dominó y las directrices tienen que incluir alimentos alternativos que sean buenas fuentes de esos nutrientes para evitar caer en la deficiencia y entre otros, mermar el rendimiento físico y mental de la población. Además, surgen nuevos temas de investigación conjunta, como la nutrigenética, la nutrigenómica, la epigenética, la microbiota, las alergias e intolerancias alimentarias, de los que desconocemos la intermediación del ejercicio *per se*, no digamos en cuanto a tipos, intensidades y frecuencias.

Podemos concluir que necesitamos profundizar en la relación entre ejercicio y nutrición. En la actualidad, para la mayoría de las enfermedades crónicas, desconocemos si los efectos son sinérgicos, antagónicos o atenuantes. Los hombres y mujeres del siglo XXI viven en unas condiciones ambientales, sociales y laborales diferentes, con un acceso diferente a alimentos y bebidas y una respuesta diferente a los estímulos. Una óptima combinación de ambos adaptada a los aspectos fisiológicos y fisiopatológicos del envejecimiento y las enfermedades crónicas es un reto que se nos plantea apasionante y al que debemos dar respuesta desde la ciencia.

## Bibliografía recomendada

1. Aparicio-Ugarriza R, Luzardo-Socorro R, Palacios G, Bibiloni MM, Argelich E, Tur JA, González-Gross M. What is the relationship between physical fitness level and macro- and micronutrient intake in Spanish older adults? *Eur J Nutr.* 2018 May 2. doi: 10.1007/s00394-018-1696-z. [Epub ahead of print]
2. Beaulieu K, Hopkins M, Blundell J, Finlayson G. Does Habitual Physical Activity Increase the Sensitivity of the Appetite Control System? A Systematic Review. *Sports Med.* 2016; 46(12): 1897–1919.
3. Bloise FF, Oliveira TS, Cordeiro A, Ortega-Carvalho TM. Thyroid Hormones Play Role in Sarcopenia and Myopathies. *Front Physiol.* 2018; 9: 560. Published online 2018 May 23. doi: 10.3389/fphys.2018.00560
4. Clegg ME, Godfrey A. The relationship between physical activity, appetite and energy intake in older adults: A systematic review. *Appetite.* 2018 Jun 7;128:145-51. doi: 10.1016/j.appet.2018.05.139. [Epub ahead of print]
5. Cruz-Jentoft AJ, Landi F, Schneider SM, Zúñiga C, Arai H, Boirie Y, Chen LK, Fielding RA, *et al.* Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age Ageing.* 2014 Nov; 43(6): 748–59.

6. Cuenca-García M, Ortega FB, Ruiz JR, Labayen I, Moreno LA, Patterson E, Vicente-Rodríguez G, González-Gross M, *et al*; HELENA Study Group. More physically active and leaner adolescents have higher energy intake. *J Pediatr*. 2014 Jan;164(1):159-166.e2.
7. EUFIC (2011). Iodine deficiency in Europe: A hidden public health concern. <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/iodine-deficiency-in-europe-a-hidden-public-health-concern>. Visitado 25 de junio de 2018.
8. Kanerva N, Kaartinen NE, Schwab U, Lahti-Koski M, Männistö S. Adherence to the Baltic Sea diet consumed in the Nordic countries is associated with lower abdominal obesity. *Br J Nutr*. 2013 Feb 14;109(3):520-8.
9. Oostindjer M, Alexander J, Amdam GV, Andersen G, Bryan NS, Chen D, Corpet DE, De Smet S, *et al*. The role of red and processed meat in colorectal cancer development: a perspective. *Meat Sci*. 2014 Aug;97(4):583-96. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.02.011. Epub 2014 Feb 24.
10. Schubert MM, Sabapathy S, Leveritt M, Desbrow B. Acute exercise and hormones related to appetite regulation: a meta-analysis. *Sports Med*. 2014 Mar;44(3):387-403.
11. van Baak MA, Larsen TM, Jebb SA, Martinez A, Saris WHM, Handjieva-Darlenska T, Kafatos A, Pfeiffer AFH, Kunešová M, Astrup A. Dietary Intake of Protein from Different Sources and Weight Regain, Changes in Body Composition and Cardiometabolic Risk Factors after Weight Loss: The DIOGenes Study. *Nutrients*. 2017 Dec 6;9(12). pii: E1326. doi: 10.3390/nu9121326.
12. Williams PT. Walking attenuates the relationships of high-meat, low-fruit dietary intake to total and regional adiposity in men and women. *Obesity (Silver Spring)*. 2012 Sep;20(9):1929-35. doi: 10.1038/oby.2011.313. Epub 2011 Oct 27.

# Análisis de los patrones de hidratación de gimnastas de élite. Intervención para mejorar el rendimiento

Julen Fernández de Landa<sup>1</sup>, Robert Strunk<sup>1</sup>, Jorge Fernández<sup>1</sup>, Sergio Jiménez<sup>2</sup>, Nieves Palacios<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Medicina del Deporte. AEPSAD. Consejo Superior de Deportes.

<sup>2</sup>Universidad Europea de Madrid.

**Recibido:** 17.01.2018

**Aceptado:** 29.01.2018

## Resumen

**Introducción:** La gimnasia artística masculina es un deporte practicado de forma individual con 6 aparatos diferentes. Es una modalidad de alta intensidad e impacto. Una correcta hidratación es importante para evitar la disminución del rendimiento y reducir el riesgo de lesiones por fatiga.

**Material y método:** Se analizan los patrones de hidratación de deportistas de la selección española de gimnasia artística durante el entrenamiento, se calculan sus requerimientos individuales de líquido, y se pauta hidratación personalizada, con el objetivo de mejorar el rendimiento. En la investigación han participado 9 gimnastas de élite varones. Cada uno completó 2 entrenamientos iguales separados por una semana; el primero con su pauta habitual de hidratación (HAB) y el segundo mediante una hidratación individualizada, según el cálculo de sus necesidades con bebida para el deportista (POW). A todos se les pesó, y midió la densidad y osmolaridad de orina, antes y después del entrenamiento; al final de cada sesión se pasó un cuestionario de percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) y se realizó un test de rendimiento.

**Resultados:** Se observa que: i) POW aumentó significativamente la ingesta de bebida respecto a HAB durante el entrenamiento (HAB:  $0,57 \pm 0,2$  L, POW:  $0,90 \pm 0,2$  L), ii) POW aumentó el número de dominadas y el total de repeticiones (HAB:  $67,13 \pm 4,9$  repeticiones, POW:  $72,63 \pm 5,7$  repeticiones), iii) HAB redujo la masa corporal de forma significativa después del entrenamiento iv) POW presentó valores inferiores de densidad de orina tras el entrenamiento y el% de pérdida de masa corporal fue insignificante (HAB:  $0,44 \pm 0,2\%$ , POW:  $0,01 \pm 0,1\%$ ), v) No hubo diferencias en la osmolaridad de orina, la PSE, el número de repeticiones en flexiones de tronco y flexiones verticales entre HAB y POW.

**Conclusión:** La hidratación individualizada para cada deportista con la bebida adecuada mejora el rendimiento durante el entrenamiento.

## Palabras clave:

Deshidratación. Bebida. Ejercicio. Equilibrio hídrico.

## Analysis of hydration patterns of elite gymnasts. Intervention to improve performance

### Summary

**Introduction:** Male artistic gymnastics is a sport practiced individually with 6 different apparatus. It is a modality of high intensity and impact. Adequate hydration is important to avoid a decrease in performance and to reduce the risk of fatigue injuries.

**Material and method:** The hydration patterns of the Spanish artistic gymnastics team are analyzed during training, their individual liquid requirements are calculated, and a personalized hydration is prescribed, with the aim of improve performance. In the research, 9 male elite gymnasts participated. Each one completed 2 equal workouts separated by one week; the first with his usual hydration pattern (HAB) and the second one with an individualized hydration, according to the calculation of their needs with sport drink (POW). All were weighed, and measured the specific gravity and osmolality of urine, before and after training; At the end of each session a rated perceived exertion questionnaire (RPE) was passed and a performance test was carried out.

**Results:** It is observed that: i) POW significantly increased the drink intake in comparison to HAB during training (HAB:  $0.57 \pm 0.2$  L, POW:  $0.90 \pm 0.2$  L), ii) POW increased the number of pull-ups and total repetitions (HAB:  $67.13 \pm 4.9$  repetitions, POW:  $72.63 \pm 5.7$  repetitions), iii) HAB reduced body mass significantly after training iv) POW presented lower values of urine specific gravity after training and the% of body mass lost was negligible (HAB:  $0.44 \pm 0.2\%$ , POW:  $0.01 \pm 0.1\%$ ), v) There were no differences in the urine osmolality, the PSE, the number of repetitions in hanging pikes and handstand push-ups between HAB and POW.

**Conclusion:** Individualized hydration for each athlete with the appropriate drink improves performance during training.

## Key words:

Dehydration. Drink. Exercise. Water balance.

Accesit a la Mejor Comunicación Oral presentada en las VII Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte. Zaragoza, 24-25 novbre 2017

**Correspondencia:** Julen Fernández de Landa

E-mail: Julenfdl@hotmail.com

## Introducción

La gimnasia artística masculina es un deporte practicado de forma individual que se realiza con 6 aparatos diferentes: suelo, caballo con arcos, anillas, salto de potro, barras paralelas y barra fija<sup>1</sup>. Cada ejercicio tiene una duración promedio entre 6 (salto de potro) y 60 (suelo) segundos<sup>2</sup>, siendo la ejecución de la técnica de cada ejercicio fundamental a la hora de puntuar<sup>1</sup>. Es una modalidad de alta intensidad e impacto que conlleva un elevado riesgo de lesión<sup>3</sup>. Esto constituye un problema para estos deportistas, pues sufren aproximadamente 2 lesiones por año<sup>3</sup>, causando la pérdida de muchas horas de entrenamiento deportivo. Por lo tanto, la prevención de estas lesiones, sobre todo de las extremidades superiores<sup>4</sup>, es de importancia capital para conseguir una continuidad en el entrenamiento, en aras de un máximo rendimiento.

Los factores causantes de las lesiones en la práctica de esta disciplina son numerosos, siendo los más relevantes una técnica incorrecta en la ejecución del gesto deportivo, la falta de material para la protección del deportista y la fatiga del mismo<sup>5,6</sup>.

El estado de hidratación y la fatiga están inversamente relacionados, de manera que, tanto durante el entrenamiento como en la competición, es de vital importancia mantenerse bien hidratado para evitar la disminución en el rendimiento físico y reducir el riesgo de lesiones<sup>7,8</sup>.

Arnaoutis *et al.*<sup>9</sup> calcularon la deshidratación producida durante el entrenamiento en cinco deportes diferentes: gimnasia artística, natación, piragüismo, baloncesto y corredores, siendo los deportistas de gimnasia artística los que más deshidratados acabaron el entrenamiento, con una pérdida del 1,7±0,07% de la masa corporal.

El agua, durante el ejercicio físico, cumple diferentes funciones: refrigeración del organismo, ayudando a liberar el exceso de calor producido, aporte de nutrientes a las células musculares, eliminación de sustancias de desecho y lubricación de las articulaciones<sup>10</sup>.

Además, el agua es un nutriente fundamental ya que está involucrada en prácticamente todas las funciones del organismo humano y es su principal componente, en torno al 60% de la masa corporal de los hombres adultos<sup>11</sup>. Por lo que su ingesta adecuada es fundamental<sup>10</sup>.

El equilibrio hídrico se mantiene cuando la pérdida de agua se compensa mediante la ingesta de bebidas y alimentos más su producción por parte del metabolismo<sup>11</sup>, como se muestra en la Tabla 1.

La deshidratación puede perjudicar el rendimiento durante la práctica deportiva, agravándose cuanto mayor sea el% de pérdida de masa corporal durante la realización de esta<sup>13</sup>, como se puede observar en la Tabla 2.

**Tabla 1. Consumo y pérdida de agua diaria en una persona sedentaria<sup>12</sup>.**

Consumo hídrico diario (mL)		Excreción hídrica diaria (mL)	
Bebidas	1500	Orina	1500
Alimentos	1000	Heces	200
Agua metabólica	300	Pulmones	350
		Piel (sudor)	750
<b>Total</b>	<b>2800</b>	<b>Total</b>	<b>2800</b>

**Tabla 2. Síntomas que produce la deshidratación, dependiendo del porcentaje de deshidratación<sup>13</sup>.**

% de deshidratación	Síntomas
1%	Causa sed.
5%	Malestar, fatiga, pérdida de apetito.
7%	Dificultad en la salivación y deglución.
>10%	Dificultad de deambulación con descoordinación y espasticidad.
15%	Delirio, sequedad de piel, dificultad para beber agua.
>20%	La piel se agrieta y sangra. Por encima estaría la muerte.

**Tabla 3. Estado de hidratación a través de la densidad y osmolaridad de orina<sup>21</sup>.**

	Bien hidratados	Euhidratados	Hipohidratados
Densidad de orina	<1,013	1,013-1,029	>1052
Osmolaridad de orina (mOsm/Kg)	<442	442-1052	>1029

A pesar de que en algunas modalidades deportivas se ha podido medir el efecto de la deshidratación en el rendimiento<sup>14-17</sup>, no hay ningún estudio que analice las consecuencias que puede tener un estado de hidratación por debajo de los niveles óptimos en la modalidad de gimnasia artística.

El objetivo de beber durante el ejercicio es prevenir la deshidratación excesiva (>2% de la masa corporal) y alteraciones en el balance de electrolitos que puedan afectar al rendimiento deportivo<sup>18</sup>.

La valoración del estado de hidratación se puede calcular mediante el cambio de masa corporal, que es el método más realista<sup>19</sup>, analizando la densidad y osmolaridad de orina entre otros procedimientos<sup>20</sup>. En la Tabla 3 se muestran los estados de hidratación a través de estos últimos métodos.

La bebida para el deportista es el líquido más adecuado para evitar la deshidratación durante el ejercicio físico<sup>22</sup>. Según el consenso sobre bebidas para el deportista<sup>22</sup>, de la Federación de Medicina del Deporte (FEMEDE), estas deben contener más de 80 Kcal/L y un máximo de 350 Kcal/L, siendo al menos el 75% de las calorías provenientes de los hidratos de carbono de alto índice glucémico (glucosa, sacarosa, maltodextrina). La concentración de los hidratos de carbono no puede ser mayor del 9% (90 g/L) y la de sodio debe estar entre 460 mg/L (20 mmol/L) y 1150 mg/L (50 mmol/L).

La ingesta de sodio tiene una gran importancia, ya que su disminución en sangre durante los esfuerzos físicos puede provocar situaciones de hiponatremia de máxima gravedad<sup>22</sup>. También ayuda a mejorar la hidratación pues incrementa la sensación de sed, por lo que se sigue bebiendo y, además, aumenta la cantidad de agua retenida en el organismo<sup>11</sup>. Por otro lado, los hidratos de carbono ayudan a mantener la

glucemia en sangre y por lo tanto intervienen en el ahorro del glucógeno muscular, retrasando la aparición de fatiga<sup>22</sup>.

La cantidad de líquido a ingerir depende de la tasa de sudoración individual, intensidad, duración del ejercicio, la ropa deportiva, del movimiento del aire y de la humedad, entre otros factores<sup>19</sup>.

Por todos estos motivos, se considera relevante realizar un estudio de la influencia en el rendimiento de la hidratación en la modalidad de gimnasia artística.

## Objetivo

El objetivo de este estudio es:

- Analizar los patrones de hidratación en deportistas de gimnasia artística de alta competición.
- Valorar los requerimientos individuales específicos, con objeto de mejorar su rendimiento deportivo.

## Hipótesis

La hipótesis de este trabajo consiste en comprobar que:

- Los deportistas de gimnasia artística no se hidratan apropiadamente.
- Los gimnastas mejoran el rendimiento mediante una hidratación adecuada e individualizada durante una sesión de entrenamiento, con bebida para el deportista.

## Material y método

En el estudio participaron 9 deportistas varones de la selección nacional española de gimnasia artística que entrenan en el Centro de Alto Rendimiento de Madrid; con edad media de  $18,13 \pm 1,96$  años, altura de  $1,68 \pm 0,07$  m, masa corporal de  $60,04 \pm 11,37$  Kg y experiencia de entrenamiento en el alto rendimiento de  $3,25 \pm 1,49$  años.

Todos los sujetos pasaron un reconocimiento médico que incluía: historia clínica, deportiva y dietética, exploración clínica y análisis de sangre y orina. Fueron informados sobre todos los aspectos del trabajo y firmaron el consentimiento para la participación en el estudio. Declararon no presentar ninguna enfermedad que pudiera alterar los resultados de la investigación.

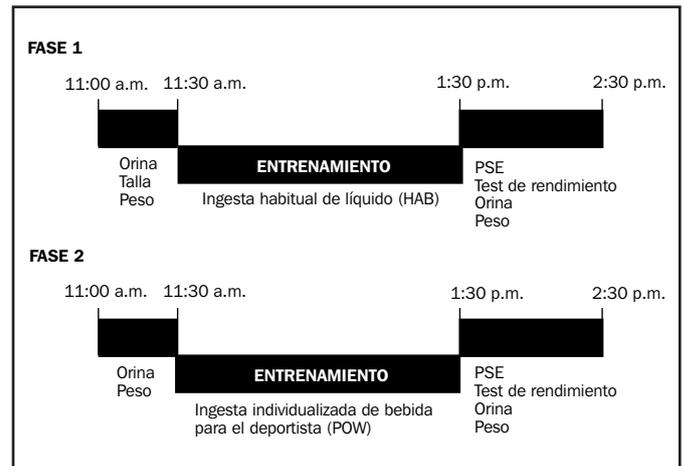
## Procedimientos

Este estudio se ha realizado mediante un diseño experimental con grupo control y medición pre-post.

Los entrenamientos para la toma de datos del estudio se realizaron el mismo día de la semana a la misma hora, con una semana de diferencia. Los sujetos hicieron una ingesta de alimentos e hidratación habitual sin que esta cambiase durante el estudio y se comprometieron a no empezar a tomar suplementos alimenticios en el período de tiempo que duraba el estudio. Esta investigación fue separada en dos fases diferentes, como se muestra en la Figura 1.

- FASE 1 (HAB): Los gimnastas fueron pesados 30 minutos antes del entrenamiento (11:00) con un analizador de composición corporal y se les recogió una primera muestra de orina. El entrenamiento comenzó a las 11:30. Se les pidió que no orinasen y que entrena-

**Figura 1. Representación esquemática de la metodología. PSE, percepción subjetiva del esfuerzo.**



sen según su forma habitual, tanto en intensidad, como en tipo y cantidad de bebida durante las 2 horas de duración. Tras la finalización del entrenamiento, se les pasó una escala de percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) y se les realizó un test de rendimiento deportivo, consistente en tres ejercicios diferentes. Se les recogió una segunda muestra de orina y se les volvió a pesar para calcular el porcentaje de deshidratación.

- FASE 2 (POW): Los gimnastas fueron pesados 30 minutos antes del entrenamiento (11:00) con un analizador de composición corporal y se les recogió una primera muestra de orina. El entrenamiento comenzó a las 11:30. Se les pidió que no orinasen y que entrenasen a una intensidad habitual durante las 2 horas de duración del entrenamiento. Ingerieron una bebida especialmente diseñada para el deportista, en una cantidad calculada de forma individual (ver 2.5. Cálculo de las necesidades de líquido), ajustándose a las necesidades de líquido de cada individuo. La bebida que tomaron fue Powerade® Powder, que contiene un 7% de hidratos de carbono y una concentración de sodio ( $\text{Na}^+$ ) de  $22,62$  mmol/L ( $520$  mg/L). Tras la finalización del entrenamiento se les pasó una escala de PSE y se les realizó un test de rendimiento deportivo, consistente en tres ejercicios diferentes. Se les recogió una segunda muestra de orina y se les volvió a pesar para calcular el porcentaje de deshidratación.

## Medición de la talla

La altura se midió mediante un estadiómetro (Seca 213) el primer día del estudio, antes de comenzar el entrenamiento.

## Análisis de la osmolaridad de la orina y la densidad urinaria

Se tomó una muestra de orina 30 minutos antes del inicio del entrenamiento y una segunda muestra durante la hora siguiente a la finalización del mismo. La orina se recolectó en botes específicos para su recogida, etiquetándose cada uno con el nombre del deportista y un dígito control.

La osmolaridad se calculó a través del método de punto de congelación con un osmómetro (OSMO STATION™ OM-6050). Por otro lado, la densidad se valoró a través de tiras reactivas (Combur 10 Test M) con un sistema automático de urianálisis (URISYS 1800).

### Análisis de deshidratación

Los sujetos fueron pesados por primera vez 30 minutos antes de empezar a entrenar, y una segunda vez después de finalizar el entrenamiento. Todas las mediciones se realizaron después de orinar, con la menor cantidad de ropa posible (ropa interior). El porcentaje de deshidratación se calculó teniendo en cuenta la masa corporal de antes de empezar el entrenamiento y la de después de acabarlo, con la fórmula que aparece a continuación:

$$\% \text{ de deshidratación} = \text{Masa ANTES} - \text{Masa DESPUÉS} / \text{Masa ANTES} \times 100$$

### Cálculo de necesidades de líquido

Para calcular las necesidades de líquido, se tuvo en cuenta la masa corporal de los deportistas antes y después del entrenamiento y la ingesta de esta durante el mismo.

La toma de bebida se realizó mediante botellines para que fuese más fácil el cálculo. Estos se pesaron antes y después del entrenamiento para calcular la diferencia y así saber la ingesta de líquido real. Se tuvo en cuenta el número de veces que el botellín fue rellenado, en el caso de que algún deportista lo volviese a llenar más de una vez. Estas fueron medidas con una balanza electrónica (Kern PCB 6000-1). Teniendo en cuenta estas variables, se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo:

$$\text{Necesidades de líquido} = (\text{Masa ANTES} - \text{Masa DESPUÉS}) + (\text{Bebida ANTE} - \text{Bebida DESPUÉS})$$

### Cuestionario de percepción subjetiva del esfuerzo

La escala utilizada para valorar la PSE de los deportistas fue la escala de 10 puntos modificada por Foster *et al.*<sup>23</sup>. Consiste en una escala del 0 al 10, en el que el 0 es un estado de agotamiento nulo y el 10 es un estado de agotamiento máximo. Se pasó inmediatamente después de acabar el entrenamiento, y cada uno lo señaló con el dedo. El valor de PSE se realizó por sesión ya que las dos sesiones fueron de la misma duración.

### Análisis del rendimiento

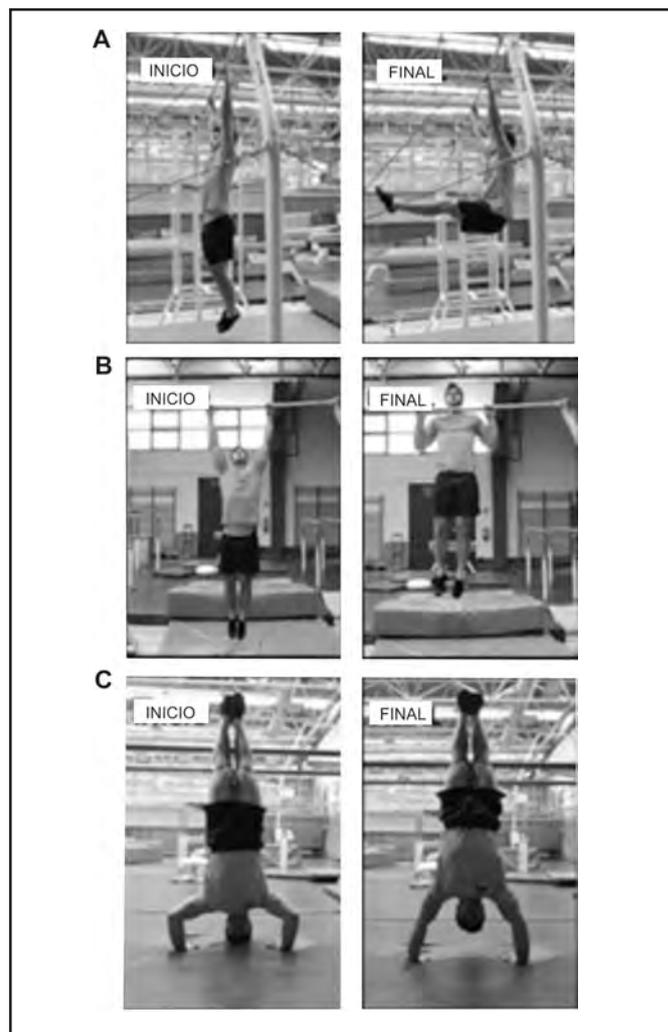
El rendimiento se midió al final de cada sesión de entrenamiento a través de un test específico de gimnasia artística modificado<sup>24</sup>. Se realizó un circuito con diferentes postas (dominadas, flexiones verticales y flexiones de tronco). Cada posta duraba 30 segundos y se contaron las repeticiones que hicieron en cada una. Se les pidió que realizaran el mayor número de repeticiones posible con la técnica de ejercicio adecuada, como se puede observar en la Figura 2. El tiempo se calculó mediante un cronómetro, (Geonaute W500) y 2 personas estuvieron observando las pruebas para contar las repeticiones.

#### Flexiones de tronco

Inicio: Totalmente extendido.

Durante: No realizar balanceos con el tronco y mantener las piernas extendidas.

**Figura 2. Repetición completa de una flexión de tronco (A), dominada (B) y flexión vertical (C).**



Final: Las piernas están en paralelo al suelo.

#### Dominadas

Inicio: Brazos totalmente extendidos.

Durante: No realizar balanceos.

Final: La barbilla pasa la barra.

#### Flexiones verticales

Inicio: La cabeza roza el suelo.

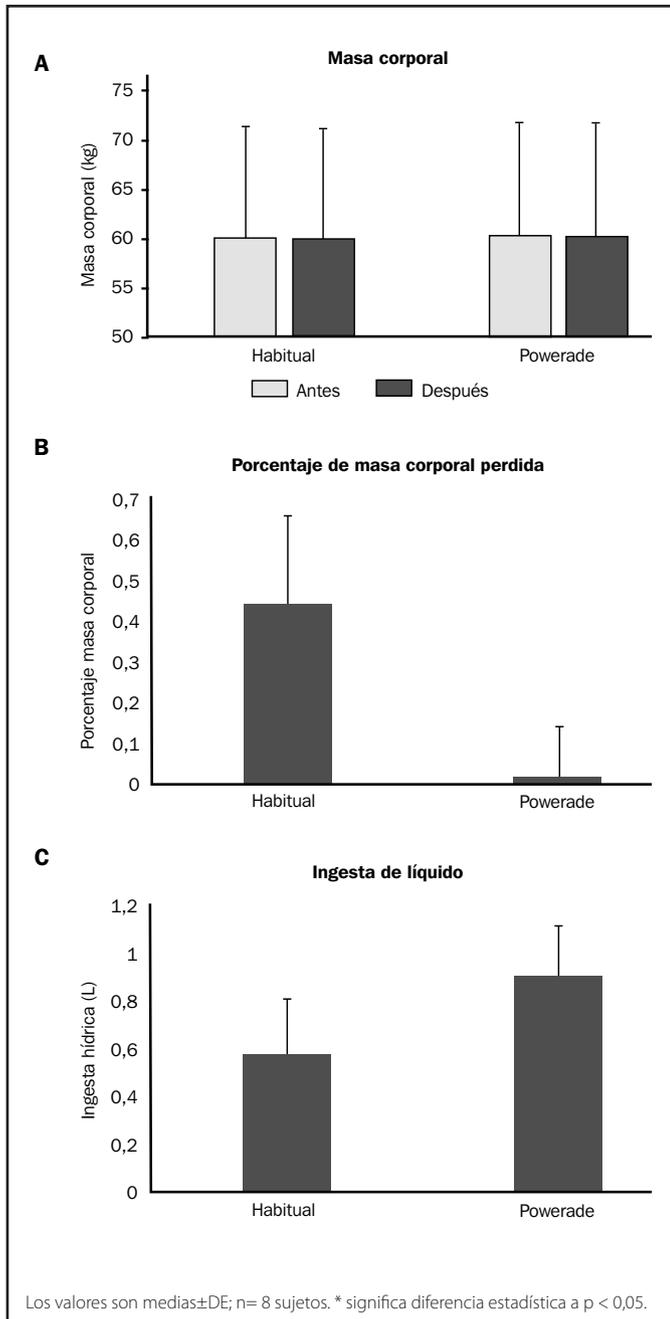
Durante: No realizar balanceos.

Final: Totalmente extendido.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico realizado se centró en valores de media y desviación estándar (DE). Debido a la muestra del estudio inferior a 30 sujetos (Pardo y Ruiz, 2004), se optó por realizar estadísticas no para-

**Figura 3. Cambios en la masa corporal antes y después de un entrenamiento de gimnasia artística (A), % de masa corporal perdida al final del entrenamiento (B), ingesta hídrica durante el entrenamiento (C) por los diferentes grupos.**



## Resultados

De los 9 deportistas que iniciaron el estudio, uno no pudo acudir a las pruebas del último día. Los resultados se corresponden a los 8 deportistas que realizaron el estudio completo.

### Masa corporal

Los cambios de la masa corporal de los deportistas durante los días del estudio se muestran en la Figura 3a.

Durante la primera fase del estudio, cuando los deportistas realizaron su ingesta habitual de líquido (HAB), variaron de 60,04 ± 11,37 a 59,78 ± 11,32 Kg de masa corporal tras el entrenamiento ( $p=0,040$ ), siendo la diferencia significativa, con una pérdida de 0,44 ± 0,22% de la masa.

En la segunda fase, se dio a los deportistas la cantidad y composición adecuada de bebida (POW) siendo las cifras antes y después del entrenamiento de 60,35 ± 11,40 y 60,35 ± 11,41 Kg respectivamente ( $p=0,931$ ), sin haber cambios significativos, con una pérdida de masa de 0,01 ± 0,13%.

La diferencia de porcentaje de masa corporal entre HAB (0,44 ± 0,22%) y POW (0,01 ± 0,13%) fue significativa ( $p=0,025$ ), mostrándose en la Figura 3b.

### Ingesta de líquido

La cantidad de líquido ingerido fue de 0,57 ± 0,24 L (HAB) y de 0,90 ± 0,22 L (POW), siendo la diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,025$ ), como se puede observar en la Figura 3c.

### Análisis de la densidad y osmolaridad de orina

Los cambios de la densidad de orina durante los días del estudio se muestran en la Figura 4a.

Los valores de HAB antes y después del entrenamiento fueron de 1,019 ± 0,006 a 1,025 ± 0,013 respectivamente ( $p=0,317$ ), sin que el resultado tuviera diferencia estadísticamente significativa.

Durante la fase POW, la densidad de la orina disminuyó de 1,020 ± 0,003 a 1,018 ± 0,005, siendo la diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,046$ ).

Los cambios de la osmolaridad de orina durante los días del estudio se muestran en la Figura 4b.

Los valores de esta variable de HAB antes y después del entrenamiento fueron 982,00 ± 151,91 a 966,38 ± 114,15 mOsm/Kg respectivamente ( $p=0,674$ ), sin que el resultado tuviera una diferencia estadísticamente significativa.

Durante la fase POW la osmolaridad de la orina disminuyó de 925,75 ± 133,57 a 893,63 ± 96,71 mOsm/Kg ( $p=0,674$ ), sin que el resultado tuviera diferencia estadísticamente significativa.

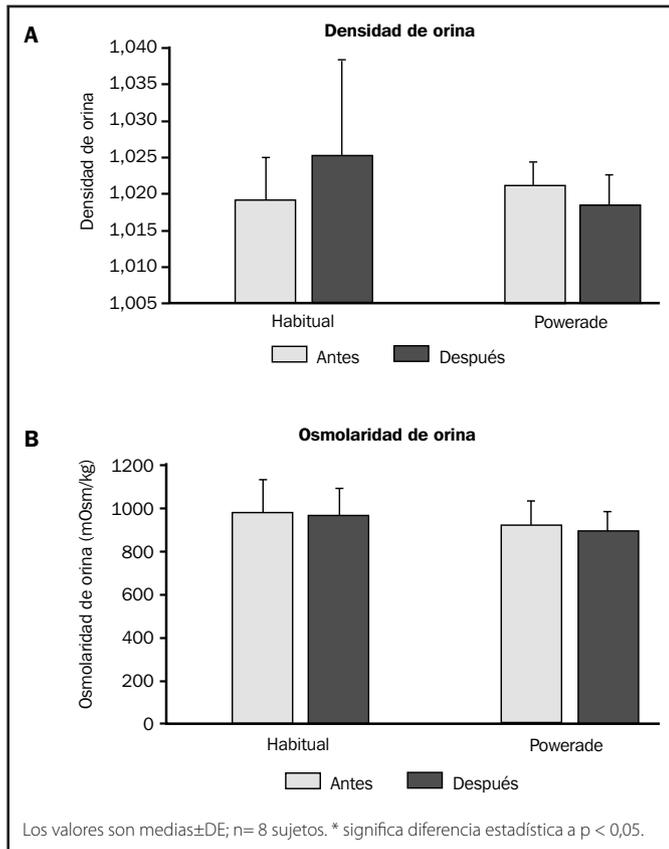
### Mediciones del rendimiento

El número de repeticiones de cada ejercicio realizado para medir el rendimiento se muestra en la Figura 5a.

El número de repeticiones de las flexiones de tronco fue de 32,50 ± 1,31 repeticiones en HAB y de 32,63 ± 1,69 repeticiones en POW,

métricas. Por este motivo se empleó el test de Wilcoxon para medidas relacionadas en las diferentes variables de estudio. El nivel de significación fue aceptado con un valor de  $p < 0,05$ . Toda la estadística se calculó utilizando el software SPSS para Windows (IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp).

**Figura 4. Densidad (A) y osmolaridad (B) de orina antes y después del entrenamiento en los diferentes grupos.**



sin que el resultado tuviera una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,914$ ).

La cantidad de repeticiones en dominadas fue de  $19,13 \pm 2,85$  (HAB) y de  $21,88 \pm 3,27$  (POW), siendo la diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,027$ ).

El número de repeticiones en flexiones verticales fue de  $15,50 \pm 5,55$  en HAB y de  $18,13 \pm 3,60$  en POW, sin que el resultado tuviera una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,207$ ).

La suma de las repeticiones totales realizadas fue de  $67,13 \pm 4,91$  en HAB y de  $72,63 \pm 5,71$  POW, siendo la diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,034$ ), como se muestra en la Figura 5b.

### Percepción subjetiva del esfuerzo

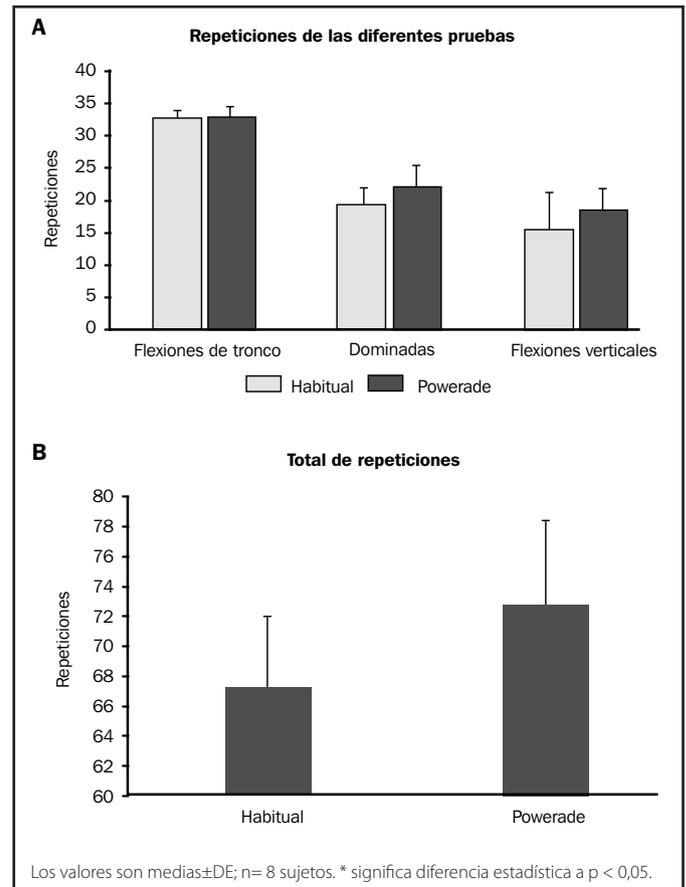
Los valores de percepción subjetiva del esfuerzo fueron de  $6,25 \pm 1,39$  en HAB y de  $6,75 \pm 1,49$  en POW, sin haber diferencias significativas ( $p=0,339$ ), como se puede observar en la Figura 6.

En las Tablas 4 y 5 se muestra el resumen de los datos expuestos anteriormente.

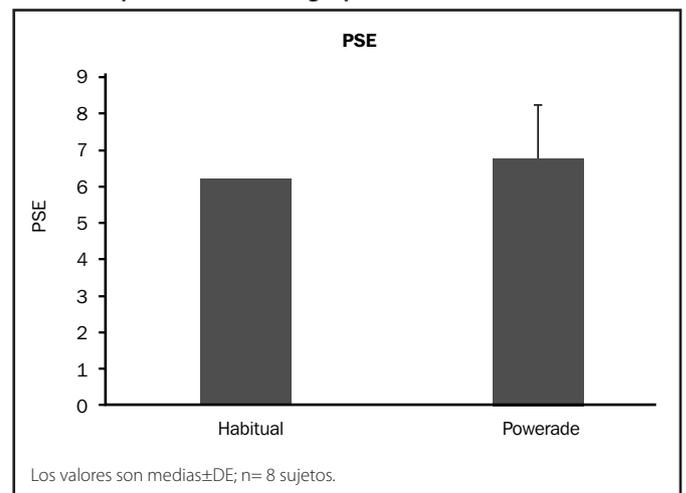
## Discusión

En este trabajo se investigan los hábitos de hidratación durante un día de entrenamiento habitual, y se calcula la cantidad adecuada de la

**Figura 5. Repeticiones de las diferentes pruebas (A) y repeticiones totales (B) realizadas al final del entrenamiento en los diferentes grupos.**



**Figura 6. Percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) al final del entrenamiento por los diferentes grupos.**



bebida ideal a consumir por los gimnastas con el fin de valorar la mejora de rendimiento, en un segundo día de entrenamiento.

La bebida utilizada en este estudio contiene un 7% de hidratos de carbono y una concentración de  $\text{Na}^+$  de  $22,62 \text{ mmol/L}$  ( $520 \text{ mg/L}$ ),

Tabla 4. Variables medidas antes y después del entrenamiento en los diferentes grupos.

Variable	Grupo	Antes del entrenamiento	Después del entrenamiento	Valor P
Masa corporal (Kg)	Habitual	60,04±11,37	59,78±11,32	0,040
	Powerade	60,35±11,40	60,35±11,41	0,931
Densidad de orina	Habitual	1,019±0,006	1,025±0,013	0,317
	Powerade	1,020±0,003	1,018±0,005	0,046
Osmolaridad de orina (mOsm/kg)	Habitual	982,00±151,91	966,38±114,15	0,674
	Powerade	925,75±133,57	893,63±96,71	0,674

Nota: los valores son medias±DE; n= 8 sujetos.

Tabla 5. Variables medidas al final del entrenamiento en los diferentes grupos.

Variable	Habitual	Powerade	Valor P
Flexiones de tronco (repeticiones)	32,50±1,31	32,63±1,69	0,914
Dominadas (repeticiones)	19,13±2,85	21,88±3,27	0,027
Flexiones verticales (repeticiones)	15,50±5,55	18,13±3,60	0,207
Total (repeticiones)	67,13±4,91	72,63±5,71	0,034
Ingesta de líquido (L)	0,57±0,24	0,90±0,22	0,025
Deshidratación (%)	0,44±0,22	0,01±0,13	0,025
PSE	6,25±1,39	6,75±1,49	0,339

Nota: los valores son medias±DE; n= 8 sujetos; PSE, percepción subjetiva del esfuerzo.

cumpliendo todos los requisitos para ser denominada bebida deportiva, según el consenso de FEMEDE<sup>22</sup>.

Cada deportista participante se pesó antes y después del entrenamiento para calcular la disminución de la masa corporal durante el ejercicio, ya que es la medida más realista<sup>19</sup> para conocer el grado de pérdida de líquido.

En la fase HAB de este estudio, la pérdida de masa corporal de los gimnastas fue de 0,44±0,22%, por lo que no llegaron a un grado de deshidratación excesiva (>2% de la masa corporal). Estos valores son incluso inferiores a los descritos en el estudio de Arnaoutis *et al.*<sup>9</sup>, con un 1,7±0,07% de pérdida de masa. Por lo tanto, el patrón de hidratación de los deportistas que han participado en este trabajo es aceptable.

Aun así, la hidratación individualizada (POW) de los gimnastas ha funcionado mejor que su ingesta habitual, ya que el porcentaje de pérdida de masa corporal fue de 0,01±0,13% (prácticamente nulo), frente al 0,44±0,22% de HAB. Este resultado puede ser debido a la mayor ingesta de líquido de POW, 0,90±0,22 L *versus* 0,57±0,24 L de HAB, gracias a que siguieron las recomendaciones realizadas a cada uno de manera particular.

Los valores de densidad y osmolaridad urinaria, tanto del grupo HAB como POW antes y después del entrenamiento se encontraron dentro de los rangos de euhidratación, aunque lejos de los valores de "bien hidratados", considerados en este trabajo.

Cabe mencionar que, durante el entrenamiento, la densidad urinaria disminuye en POW significativamente pudiendo ser influenciada sobre todo por hidratarse con una cantidad de líquido superior. Por otro lado,

la densidad aumenta ligeramente en HAB sin ser significativo, hecho probablemente relacionado una menor toma de líquido.

En el estudio de Arnaoutis *et al.*<sup>9</sup>, donde también se midió la densidad de orina en gimnastas, esta cambió de 1,022±0,004 a 1,024±0,008 después del entrenamiento probablemente, por una deshidratación del 1,7% de la masa. En cambio, en HAB, el cambio de la densidad fue mayor, ya que varió de 1,019±0,006 a 1,025±0,013, pero la bajada de masa corporal fue mucho menor, de un 0,4%. En los dos estudios, esta variable aumenta posiblemente por la disminución de la masa corporal. La diferencia del cambio de la densidad entre estos dos estudios puede ser debido a que es muy variable dependiendo de cada individuo.

A pesar de que las cifras de osmolaridad y densidad entran dentro del estado de euhidratación, tanto antes como después del entrenamiento, están alejados de una hidratación adecuada. Por lo tanto, la hidratación durante el entrenamiento puede no ser suficiente para mantener un correcto equilibrio hídrico, por lo que hay que darle importancia a la hidratación durante todo el día.

Los movimientos para el análisis de rendimiento se han elegido del estudio de Sleeper *et al.*<sup>24</sup> para medir el nivel de los gimnastas. De su investigación se han escogido los 3 ejercicios considerados más específicos para esta modalidad deportiva. Los tiempos de duración de cada ejercicio se han reducido a la mitad porque se ha tenido en cuenta la fatiga que provoca el entrenamiento.

El número de repeticiones totales realizadas fue significativamente superior en POW que en HAB. Este dato puede ser debido al ahorro de

glucógeno muscular en POW, al aumentar la glucemia en sangre por el aporte de hidratos de carbono de la bebida ingerida en esta fase.

No hay ningún estudio que mida el rendimiento de los gimnastas cuando se encuentran en estado de deshidratación, por lo que los resultados se comparan con el entrenamiento de pesas, ya que se involucran la mayoría de grupos musculares y el rendimiento también ha sido medido con el número de repeticiones.

En el estudio de Haff *et al.*<sup>25</sup>, aumentaron el rendimiento con ingesta de bebida para el deportista, antes y durante una sesión de una hora de duración con 16 series de 10 repeticiones en ejercicios isocinéticos de isquiosurales y cuádriceps. En el caso de la investigación de Kraft *et al.*<sup>26</sup>, una deshidratación del 3% previa a un entrenamiento de fuerza de 3 series con intensidad de 12 RM al fallo y 2 minutos de descanso entre series, con ejercicios que involucraban todo el cuerpo (pres de banca, jalón al pecho, Pres militar, curl de bíceps, extensión de tríceps y prensa de pierna), empeoraron significativamente en el número de repeticiones realizadas. Por lo tanto, una hidratación adecuada puede aumentar el trabajo realizado durante una sesión de entrenamiento, tanto por utilizar la bebida adecuada como por evitar la deshidratación.

La percepción subjetiva del esfuerzo en POW fue superior que en HAB, aunque no lo suficiente para haber diferencias estadísticamente significativas, posiblemente porque no llegaron a una deshidratación excesiva en ninguna de las fases.

En la investigación de Carvalho *et al.*<sup>27</sup>, se comparaba la PSE en jugadores de baloncesto, tomando bebida deportiva o agua durante un entrenamiento. Siendo los que tomaron bebida deportiva los que menos fatigados se encontraron, pero no lo suficiente como para haber diferencias estadísticamente significativas, al igual que en este estudio.

Por otro lado, en el estudio anteriormente comentado de Kraft *et al.*<sup>26</sup>, el grupo que se deshidrató un 3% de la masa corporal aumentó significativamente la PSE. Datos que no se relacionan con lo encontrado en esta investigación, posiblemente porque el porcentaje de pérdida de masa en HAB (0,44±0,22%), no llegó a ser tan alta como en este estudio.

## Limitaciones

- Existe la posibilidad de un efecto placebo al realizar las pruebas de rendimiento, pues los deportistas pueden sentirse motivados al tomar una bebida a la que no están acostumbrados a ingerir.
- Para ratificar los resultados del estudio, sería conveniente prolongar la duración de las dos fases del estudio, teniendo en cuenta su hidratación durante todo el día.

## Conclusión

- Los deportistas de gimnasia artística tienen un patrón de hidratación habitual aceptable, durante sus entrenamientos.
- La hidratación individualizada para cada deportista, es la más adecuada para mantener un estado de equilibrio hídrico durante el entrenamiento.
- Hidratarse de un modo adecuado mejora significativamente el rendimiento en la modalidad de gimnasia artística.

## Aplicaciones prácticas

Los datos de este estudio indican que una hidratación individualizada para los gimnastas es la más adecuada tanto para mantener un equilibrio hídrico, como para optimizar el rendimiento.

Por lo tanto, sería importante que el equipo multidisciplinar de profesionales que rodean al deportista tenga en cuenta este modo de hidratación, que se obtiene de una forma sencilla, mediante los datos de pérdida de masa corporal y la ingesta de bebida.

Por otra parte, los deportistas no suelen empezar el entrenamiento en un estado de hidratación ideal. Por lo tanto, se deberían tener en cuenta las recomendaciones generales de ingesta de líquidos antes del entrenamiento, que consisten en torno a 5-10 mL/kg de la masa corporal 2-4 horas antes<sup>20</sup>. Y también, después del entrenamiento, se debería seguir bebiendo, reponiendo el 125-150% del líquido perdido con una adecuada cantidad de sodio para retener el líquido ingerido y estimular la sensación de sed<sup>20</sup>. Siempre adaptando estas recomendaciones a las necesidades de cada deportista.

## Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

## Bibliografía

1. Jemni, M. *The science of gymnastics*. New York. Routledge; 2013. p. 3-8.
2. Jemni M, Friemel F, Lechevalier JM, Origas, M. Heart rate and blood lactate concentration analysis during a high-level men's gymnastics competition. *J Strength Cond Res*. 2000;14(4):389-94.
3. Kolt GS, Kirkby RJ. Epidemiology of injury in elite and subelite female gymnasts: a comparison of retrospective and prospective findings. *Br J Sports Med*. 1999;33(5):312-8.
4. Caine DJ, Nassar L. Gymnastics injuries. *Med Sport Sci*. 2005;48:18-58.
5. Marshall SW, Covassin T, Dick R, Nassar LG, Agel J. Descriptive epidemiology of collegiate women's gymnastics injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2003-2004. *J Athl Train*. 2007;42(2):234-40.
6. Oppliger RA, Magnes SA, Popowski LA, Gisolfi, CV. Accuracy of urine specific gravity and osmolality as indicators of hydration status. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2005;15(3):236-51.
7. Goulet E. Pre-exercise hyperhydration: comments on the 2007 ACSM position stand on exercise and fluid replacement. *J Exerc Physiol Online*. 2008;11(2):64-74.
8. Rahnama N, Reilly T, Lees A. Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *Br J Sports Med*. 2002;36(5):354-9.
9. Arnaoutis G, Kavouras SA, Angelopoulou A, Skoulariki C, Bismipkou, S, Mourtakos S, *et al.* Fluid balance during training in elite young athletes of different sports. *J Strength Cond Res*. 2015;29(12):3447-52.
10. Gil, A. *Tratado de nutrición*. Tomo IV. Nutrición clínica. Madrid. Médica Panamericana; 2010. p. 187-208.
11. Agostoni CV, Bresson JL, Fairweather-Tait S, Flynn A, Golly I, Korhonen, H, *et al.* Scientific opinion on dietary reference values for water. *EFSA Journal*. 2010;8(3):1458-507.
12. Merchant A. Características de las de soluciones hidroelectrolíticas y su aplicación durante la actividad física. Una revisión bibliográfica. *efdeportes*. (revista electrónica) 1999 (consultado 09/05/2017). Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd14/hidro.htm>
13. Chicharro JL, Vaquero AF. Fisiología del ejercicio. Madrid. Médica Panamericana; 2010. p. 677.
14. Baker LB, Dougherty KA, Chow M, Kenney WL. Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(7):1114-23.
15. Chevront SN, Carter R, Sawka MN. Fluid balance and endurance exercise performance. *Curr Sports Med Rep*. 2003;2(4):202-8.

16. Montain SJ, Coyle, E. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol.* 1992;73(4):1340-50.
17. Nuccio RP, Barnes KA, Carter JM, Baker LB. Fluid Balance in Team Sport Athletes and the Effect of Hypohydration on Cognitive, Technical, and Physical Performance. *Sports Med.* 2017;47(10):1951-82.
18. Sawka MN, Montain SJ, Latzka WA. Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 2001;128(4):679-90.
19. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(2):377-90.
20. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J Acad Nutr Diet.* 2016;16(3):501-28.
21. Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, Bergeron MF, Kenefick RW, LaGasse KE, et al. Urinary indices of hydration status. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 1994;4(3):265-79.
22. Palacios N, Franco L, Manonelles P, Manuz, B, Villegas JA. Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de líquidos. Documento de consenso de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Arch Med Deporte.* 2008;15(126):245-58.
23. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* 2001;15(1):109-15.
24. Sleeper MD, Kenyon LK, Casey E. Measuring fitness in female gymnasts: the gymnastics functional measurement tool. *Int J Sports Phys Ther.* 2012;7(2):124-38.
25. Haff GG, Koch AJ, Kuphal KE. The effects of supplemental carbohydrate ingestion on intermittent isokinetic leg exercise. *J Sports Med Phys Fitness.* 2001;41(2):216-22.
26. Kraft JA, Green JM, Bishop PA, Richardson MT, Negggers YH, Leeper JD. Impact of dehydration on a full body resistance exercise protocol. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(2):259-67.
27. Carvalho P, Oliveira B, Barros R, Padrão P, Moreira P, Teixeira VH. Impact of fluid restriction and ad libitum water intake or an 8% carbohydrate-electrolyte beverage on skill performance of elite adolescent basketball players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011;21(3):214-21.

# Analizador Instantáneo de Lactato Lactate Pro 2

arkray  
LT-1730

- Sólo 0,3 µl de sangre
- Determinación en 15 segundos
- Más pequeño que su antecesor
- Calibración automática
- Memoria para 330 determinaciones
- Conexión a PC
- Rango de lectura: 0,5-25,0 mmol/litro
- Conservación de tiras reactivas a temperatura ambiente y
- Caducidad superior a un año



Importador para España:



c/ Lto. Gabriel Miro, 54, ptas. 7 y 9  
46008 Valencia Tel: 963857395  
Móvil: 608848455 Fax: 963840104  
info@bermellelectromedicina.com  
www.bermellelectromedicina.com



Monografías Femede nº 12  
Depósito Legal: B. 27334-2013  
ISBN: 978-84-941761-1-1  
Barcelona, 2013  
560 páginas.



Dep. Legal: B.24072-2013  
ISBN: 978-84-941074-7-4  
Barcelona, 2013  
75 páginas. Color

## Índice

Foreward  
Presentación  
1. Introducción  
2. Valoración muscular  
3. Valoración del metabolismo anaeróbico  
4. Valoración del metabolismo aeróbico  
5. Valoración cardiovascular  
6. Valoración respiratoria  
7. Supuestos prácticos  
Índice de autores



## Índice

Introducción  
1. Actividad mioeléctrica  
2. Componentes del electrocardiograma  
3. Crecimientos y sobrecargas  
4. Modificaciones de la secuencia de activación  
5. La isquemia y otros indicadores de la repolarización  
6. Las arritmias  
7. Los registros ECG de los deportistas  
8. Términos y abreviaturas  
9. Notas personales

Información: [www.femede.es](http://www.femede.es)

# Effect of disease duration on somatotype in a Mexican population with type 2 diabetes mellitus using structural equation modeling

Tomás J. Martínez-Cervantes, Lidia de Jesús Martínez-Martínez, Tomás J. Martínez-Martínez, Antonino Aguiar-Barrera, Ángel González-Cantú, Neri A. Álvarez Villalobos, Oscar Salas-Fraire

Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación, Facultad de Medicina y Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González", Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.

Recibido: 05.09.2017

Aceptado: 15.02.2018

## Summary

**Background:** Diabetes mellitus (DM) is a well-known health problem. Nevertheless, its etiology, natural history, and epidemiology are still incomplete. Its prevalence has increased, cases of DM have doubled and its association with body mass index and obesity is high. The objective was to determine the effect of disease duration on somatotype of patients with type 2 DM using structural equation modeling (SEM).

**Methods:** Two hundred participants underwent anthropometry following the restricted profile of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). A database was made using age, height, weight, the other anthropometry measures, the three components of somatotype, and disease duration of DM.

**Results:** Mean age for men was  $58,7 \pm 11,1$  and for women  $56,4 \pm 10,7$  years; mean body weight for men was  $80,0 \pm 14,2$  and for women  $74,8 \pm 8,0$  kg; mean height for men was  $168,3 \pm 7,4$  and women  $154,9 \pm 6,0$  cm. The median and interquartile interval for the non-parametrical variables in men were endomorphy 4.86 (4.04 to 6.00), mesomorphy 5.82 (4.59 to 7.20), ectomorphy 0.49 (.10 to 1.22) and disease duration 9.00 (4.00 to 17.00); for women, endomorphy 7.52 (6.30 to 8.27), mesomorphy 6.28 (5.05 to 8.15), ectomorphy 0.100 (.10 to .500) and disease duration 9.00 (4.00 to 15.00). A correlation between disease duration and somatotype was found.

**Conclusions:** Longer disease duration is associated with an increase in endomorphy and mesomorphy; however, ectomorphy decreases. SEM showed that DM disease duration impacts somatotype but this relationship is different in men and women. More research is necessary to understand this relationship. SEM is a feasible technique for modeling disease duration and somatotype.

## Key words:

Somatotype. Endomorph.  
Ectomorph. Mesomorph.  
Diabetes mellitus.  
Structural equation  
model.

## Efecto del tiempo de evolución de la enfermedad en el somatotipo de una población Mexicana con diabetes mellitus tipo 2 usando modelamiento de ecuaciones estructurales

### Resumen

**Introducción:** La diabetes mellitus (DM) es un problema de salud bien conocido. Sin embargo, su etiología, historia natural y epidemiología sigue incompleto. Su prevalencia ha aumentado, los casos de DM se han duplicado y su asociación con índice de masa corporal y obesidad es alta. El objetivo fue determinar los efectos de la duración de la enfermedad en el somatotipo de pacientes con DM tipo 2 utilizando modelamiento de ecuaciones estructurales (SEM).

**Métodos:** Se sometieron a antropometría doscientos participantes siguiendo el perfil restringido de la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinanthropometry (ISAK). Se elaboró una base de datos utilizando edad, talla, peso, las medidas antropométricas restantes, los tres componentes del somatotipo y el tiempo de evolución de DM.

**Resultados:** Edad promedio para hombres fue  $58,7 \pm 11,1$  y para mujeres  $56,4 \pm 10,7$  años; peso promedio de hombres fue  $80 \pm 14,2$  y de mujeres  $74,8 \pm 18,0$  kg. Estatura promedio de hombres fue  $168,3 \pm 7,4$  y de mujeres  $154,9 \pm 6,0$  cm. La mediana y el intervalo intercuartil para las variables no paramétricas en hombres fueron endomorfía 4.86 (4.04 a 6.00), mesomorfía 5.82 (4.59 a 7.20), ectomorfía 0.49 (.10 a 1.22) y duración de la enfermedad 9.00 (4.00 a 17.00) y para mujeres endomorfía 7.52 (6.30 a 8.27), mesomorfía 6.28 (5.05 a 8.15), ectomorfía 0.100 (.10 a .500) y duración de la enfermedad 9.00 (4.00 a 15.00). Se encontró una correlación entre evolución de la enfermedad y somatotipo.

**Conclusiones:** Mayor tiempo de evolución se asocia con aumento de la endomorfía y la mesomorfía; sin embargo, la ectomorfía disminuye. SEM mostró que la evolución de DM afecta somatotipo, pero esta relación es diferente en hombres y mujeres. Se necesita más investigación para entender esta relación. SEM es una técnica factible para modelar duración de la enfermedad y somatotipo.

## Palabras clave:

Somatotipo. Endomorfía.  
Ectomorfía. Mesomorfía.  
Diabetes mellitus. Modelo de  
ecuaciones estructurales.

Correspondencia: Tomás Javier Martínez-Cervantes

E-mail: tomas.martinezcr@uanl.edu.mx

## Introduction

Diabetes mellitus (DM) is a widespread health problem and a common health disorder known for centuries. Nevertheless, knowledge of its etiology, natural history, and epidemiology is still incomplete<sup>1</sup>. The global prevalence of diabetes mellitus is rapidly increasing. Over the past three decades, the number of people with diabetes has doubled<sup>2</sup>.

An increase in the diagnosis of DM in young people in recent years has been observed, even though the disease has been related to older adults. Type 2 diabetes (T2DM) has a strong genetic component and is associated with obesity and low levels of physical activity<sup>3,4</sup>.

People in Mexico have suffered a rapid shift in dietary and physical activity patterns and this has led to an important increase in obesity and diabetes mellitus with diabetes causing almost 14% of all deaths. Also, the growing prevalence of obesity and metabolic syndrome in children and adults suggests that this situation will worsen in the future<sup>4</sup>.

The National Survey on Health and Nutrition 2012 estimated that 9.2% of adults had a previous diagnosis of diabetes mellitus. This was an important increase in contrast to the results observed in 2000, where the proportion was 5.8%, and in 2006, 7%<sup>5</sup>.

Somatotyping is a method used to evaluate, study, and appraise body shape and composition in terms of bone dimensions, muscle, and adipose tissue. It is a unique method that was first described by Sheldon *et al.* in 1940<sup>6</sup>, and modified by Heath and Carter in 1967<sup>7</sup>. The somatotype is a description of the actual morphological constitution. It is comprised of three numerical variables, consisting of three sequential numbers representing endomorphy, mesomorphy and ectomorphy, respectively<sup>8</sup>.

Endomorphy refers to relative fatness and relative leanness, mesomorphy, to relative musculoskeletal development according to height, and ectomorphy, to relative body linearity. It is based largely, but not entirely, on height/cubed root of weight ratio. Ectomorphy evaluates the form and degree of longitudinal distribution of the first and second component<sup>9,10</sup>.

The relationship between somatotype and disease was first researched by Sheldon *et al.* in 1940<sup>6</sup>. In 2002, Koleva *et al.*<sup>11</sup> examined the association between somatotype and its three components, and the prevalence of several chronic diseases. In five disease groups, prevalence was significantly related to a somatotype. Other studies have shown an association between somatotype and other pathologies, such as polycystic ovary syndrome<sup>12</sup>.

T2DM is a metabolic disorder that affects and is affected by body composition. It induces changes in body size and shape that adversely affect the prognosis of the disease<sup>13</sup>. Obesity, represented by endomorphy, has a positive correlation with the onset of diabetes and it is a well-known risk factor for cardiovascular disease<sup>14,15</sup>. However, the association between somatotype and diabetes is limited and poorly documented. The aim of this study was to determine the somatotype of T2DM patients in a Mexican population and the effects of disease duration on somatotype.

## Material and method

### Participants

This was a prospective, quantitative, observational and analytical, multiple correlation study previously approved by the Ethics Committee of the Institution with registration number MD13-001. Patients provided verbal informed consent after being informed about the study procedure and asked if they wanted to participate. All procedures in this study were carried out according to the guidelines of the Declaration of Helsinki. The study group consisted of 200 patients with a previous diagnosis of T2DM who attended the outpatient clinics of the departments of internal medicine, general medicine, and endocrinology. Individuals with complications that could alter their body composition such as lower extremity edema, amputations, hiatal hernia or other situations that limited their ability to stand up, such as fractures or recent surgery, were excluded. A good sample size for SEM is more than 200 considering an estimation of 20 participants for every variable in the model. In this case, there were four variables; therefore, a minimum sample size of 80 was adequate<sup>16,17</sup>.

### Structural Equation Modeling

Structural equation modeling (SEM) is a set of statistical techniques that systematically analyze multivariate data to measure latent variables and their interrelationships. Latent variables are variables that are observed indirectly or through the effects on observed variables; in this case, somatotype through endomorphy, mesomorphy and ectomorphy.

### Anthropometrics

To measure the independent variable, somatotype, measures of weight, height and skinfolds were obtained using the restricted profile of anthropometric measures in accordance with the recommendations of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)<sup>18</sup>. The measurements obtained directly were height; body weight; skin folds: triceps, subscapular, biceps, iliac crest, supraspinale, abdominal, front thigh, medial calf; girths of relaxed upper arm and flexed and tensed upper arm; waist (minimum); gluteal (hip); and calf (maximum); biepicondylar breadth of the humerus; biepicondylar breadth of the femur. Two measurements were taken at each site with the mean value being used. All measurements were made by the same measurer. The measurer was a level I ISAK-certified sports medicine physician. The variable disease duration was obtained by direct questioning.

### Data Analysis

A database was made using Microsoft Excel 2010. This database was imported to SPSS AMOS version 21.0. Before conducting the statistical analysis, data were evaluated for implausible or error values, abnormalities indexes, and normality. We conducted a descriptive statistical analysis for quantitative variables. Measures of central tendency and dispersion are presented as means  $\pm$  standard deviation. In the case of

qualitative variables, frequencies and percentages were obtained. The validity of several models that explain the relationship between disease duration and somatotype was tested using the following: multivariate normality, and maximum likelihood estimation (MLE) using confirmatory factor analysis.

## Results

After eliminating cases with incomplete and missing data, the final sample consisted of 196 patients. The study group was 42.3% male and 57.7% female. The age interval was 27.1 to 85.0 years with a mean of  $57.3 \pm 10.8$ . Weight interval from 37.6 to 119 kg with a mean of  $76.9 \pm 16.6$ . Height interval from 136.5 to 191 cm with a mean of  $160.5 \pm 9.3$  cm. The characteristics of the general population and gender are shown in Table 1.

The median and interquartile interval (IQI) for the non-parametrical variables in men were endomorphy 4.86 (4.04 to 6.00), mesomorphy 5.82 (4.59 to 7.20), ectomorphy 0.49 (.10 to 1.22) and disease duration 9.00 (4.00 to 17.00) (Table 2); for women, endomorphy 7.52 (6.30 to 8.27), mesomorphy 6.28 (5.05 to 8.15), ectomorphy 0.100 (.10 to .500) and disease duration 9.00 (4.00 to 15.00) (Table 3).

A measurement model was tested to predict the somatotype, based on disease duration by path analysis. This considers disease duration as an independent variable with the dependent variable being somatotype with its endomorphy, mesomorphy and ectomorphy factors (Figure 1). The final estimated model is depicted in Figure 2. The coefficient above each path is AMOS's maximum likelihood estimate of the effect size.

After evaluating the structural model disease duration—somatotype with its indicators, significant parameters were found. As shown in Table 4 in the column critical ratio (CR), all factors are considered loaded and have a significance of 0.05, since all CR values are greater than 1.96. Values greater than 2.58 have a confidence level of 0.01<sup>19</sup>. This means that the structural model between the endogenous variable somatotype and the exogenous variable disease duration is valid. Regarding standardized regression weights (Table 5), disease duration negatively impacts somatotype with a regression of  $-0.21$ . In relation to somatotype, endomorphy, with a weighted regression of 0.78, has a positive correlation and high weight. Mesomorphy in relation to somatotype has a weighted regression of 0.76. Ectomorphy in relation to somatotype has a negative weighted regression of  $-0.80$ , and a proportion of explained variance of 5.8% for the relationship between somatotype and disease duration. This result is statistically significant.

**Table 1. Characteristics of the study group.**

Gender	Age (yrs)			Weight (kg)			Height (cm)		
	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD
Female	113	56.38	10.66	113	74.78	17.96	113	154.90	6.01
Male	83	58.71	11.08	83	80.03	14.20	83	168.28	7.37
Total	196	57.37	10.88	196	77.00	16.63	196	160.56	9.36

SD, standard deviation.

**Table 2. Endomorphy, mesomorphy and ectomorphy factors in relation to disease duration in female population.**

Variable	Endo	Meso	Ecto	Disease duration
N	Valid	111	111	111
	Missing	0	0	0
Percentiles	25	6.30	5.05	.100
	50	7.52	6.28	.100
	75	8.27	8.15	.500

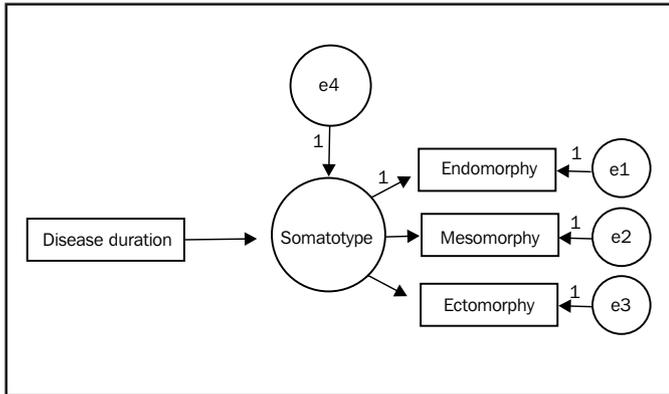
Endo: endomorphy; Meso: mesomorphy; Ecto: ectomorphy.

**Table 3. Endomorphy, mesomorphy and ectomorphy factors in relation to disease duration in male population.**

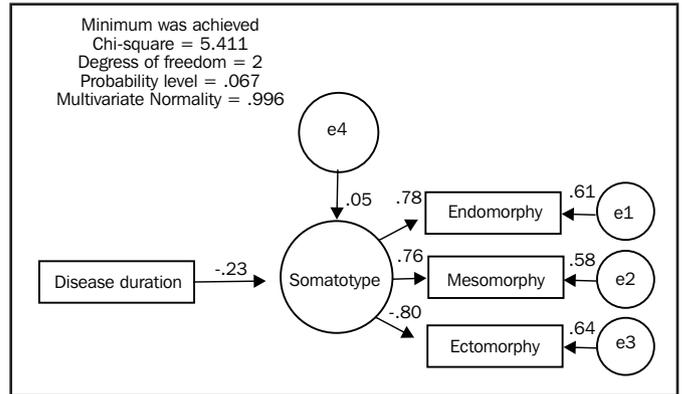
Variable	Endo	Meso	Ecto	Disease duration
N	Valid	85	85	85
	Missing	0	0	0
Percentiles	25	4.04	4.59	.10
	50	4.86	5.82	.49
	75	6.00	7.20	1.22

Endo: endomorphy; Meso: mesomorphy; Ecto: ectomorphy.

**Figure 1. Proposed model to estimate somatotype represented by endomorphy, mesomorphy and ectomorphy (endogenous variable) and disease duration (exogenous variable).**



**Figure 2. Standardized regression weights of the study group. The coefficient above each path is AMOS's maximum likelihood estimate of the effect size.**



**Table 4. Regression Weights (Group number 1 - Default model).**

Variable		Estimate	SE	CR	P	Label
Somatotype	<--- Disease Duration	-0.040	.015	-2.67	.008	par_3
Endomorphy	<--- Somatotype	1.000				
Mesomorphy	<--- Somatotype	1.087	.115	9.42	***	par_1
Ectomorphy	<--- Somatotype	-0.386	.040	-9.56	***	par_2

SE: standard error; CR: critical ratio; P: bilateral asymptotic significance.

**Table 5. Standardized Regression Weights (Group number 1 - Default model).**

Variable		Variable	Estimate
Somatotype	<---	Disease duration	-0.21
Endomorphy	<---	Somatotype	0.78
Mesomorphy	<---	Somatotype	0.76
Ectomorphy	<---	Somatotype	-0.80

Table 6 shows a basic understanding of fit indexes cutoff levels for determining model fit. In general, if the vast majority of the indexes indicate a good fit, a good fit is accepted.

## Discussion

The structural model estimated by Maximum Likelihood showed that somatotype (formed by endomorphy, mesomorphy, and ectomorphy) and disease duration were consistent as a construct to explain the effect of disease duration on somatotype. It demonstrated a negative impact on the somatotype of individuals with T2DM when diabetes mellitus duration increases. This means that an increase in disease duration increases the levels of endomorphy and mesomorphy, while ectomorphy decreases. A decrease in ectomorphy is expected since in this population it is known that<sup>20</sup>. What is not expected is an increase in mesomorphy. The changes observed in endomorphy are changes

**Table 6. Cutoff Criteria for Several Fit Indexes.**

Quality adjustment	Cutting criteria	Model results	Interpretation
<b>Absolute fit</b>			
$\chi^2$	AI .05 to 9.49	5.4	Good
$\chi^2/DF$	2 to 3.2	2.7	Good
AIC	Close to 0	21.4	Rejected
<b>Comparative fit</b>			
NFI	≥ .95	.97	Good
IFI	≥ .95	.98	Good
TLI	≥ .95	.95	Good
CFI	≥ .95	.98	Good
<b>Parsimonious fit</b>			
PNFI	Between .50 and .90	.32	Rejected
PCFI	Between .50 and .90	.32	Rejected
PGFI	Close to 1	.2	Rejected
<b>Other</b>			
GFI	≥ .95	.99	Good
AGFI	≥ .95	.92	Good
RMR	Close to 0	.39	Acceptable
RMSEA	< .08	.09	Good
HOELTER.05	> 200	193	Good
HOELTER.01	> 200	296	Good

AIC: Akaike information criterion; NFI: normed fit index; IFI: Incremental fit index; TLI: Tucker-Lewis index; CFI: Comparative fit index; PNFI: Parsimony adjusted NFI; PCFI: Parsimony adjusted CFI; PGFI: Parsimony adjusted GFI; GFI: goodness of fit index; AGFI: adjusted GFI; RMR: root mean square residual; RMSEA: root mean square error of approximation; Hoelster 0.05, Hoelster 0.05 index.

Adapted from Schreiber *et al.* Reporting structural equation modeling and confirmatory factor analysis results: a review. *Journal of Educational Research*. 2006; 99: 323-337.

in body composition related to age. This combination of a decrease in muscle mass and muscle strength has been recently defined as sarcopenic obesity, a change that may cause an additive effect on insulin resistance in patients with diabetes<sup>21,22</sup>. The changes in ectomorphy can be explained as previously mentioned but not the changes in mesomorphy since we expect a loss of muscle mass not an increase<sup>23,24</sup>.

In the study by Baltadjiev<sup>13</sup> mean somatotypes in men in both age groups, 40-60 years and 61-80 years, were endomorph mesomorph: endo, 5.03; meso, 6.57; ecto, 2.01, and endo, 4.14; meso, 5.88, and ecto, 1.64, respectively. In a second study by Baltadjiev<sup>25</sup> of mean woman somatotypes in the 40 to 60-year age group, the dominant somatotype component was endomorphy, while mesomorphy in the 61-80 years age group was mesomorph-endomorph: mean somatotypes were endo, 6.59; meso, 6.09; and ecto, 1.57, while in women 61 to 80 years it was an endomorph-mesomorph somatotype: endo, 5.39; meso, 9.41; ecto, 1.55. In contrast to our study, these results were not compared with disease duration.

Likewise, the results of Yadav *et al.*<sup>14</sup> showed a mesomorph-endomorph somatotype. Values in men in the 49.1–60-year age group were endo,  $7.44 \pm 1.27$ ; meso,  $4.97 \pm 1.25$ ; and ecto,  $0.62 \pm 0.51$ , while in women they were endo  $8.11 \pm 0.96$ ; meso,  $5.06 \pm 1.57$ ; ecto,  $0.45 \pm 0.48$ . In both groups, the mesomorph and endomorph components were elevated. These findings are similar to ours with regard to endomorphy but our values of mesomorphy were slightly higher.

Unlike other reports of somatotype in patients with T2DM, our patients, similar to Baltadjiev's<sup>13,25</sup> over time show a tendency to have high endomorphy and mesomorphy components. As stated by Perna *et al.*<sup>26</sup> these individuals can benefit from this so-called "obesity paradox". In the study by Mesquita *et al.*<sup>27</sup> obese patients had a lower prevalence of sarcopenia than those who were thin.

Fat and muscle mass are increased in individuals with T2DM. This is important because, in theory, this would represent a favorable somatotype. An increased muscle mass would facilitate control and/or management of diabetes mellitus with regard to exercise programs and also a lower sarcopenia index. However, this increase in mesomorphy may not be entirely associated with disease duration since some authors have mentioned an overestimation of mesomorphy caused by the accumulation of soft tissue which produces an erroneous measurement of the biepicondylar breadth of the humerus and the femur<sup>28</sup>. Herrera *et al.*<sup>29,30</sup> attribute this overestimation of mesomorphy to a centripetal redistribution of subcutaneous fat in the elderly. It is important to take this into consideration when mesomorphy is being interpreted. Maybe more exact methods, such as Dual-Energy-X-ray-Absorptiometry (DEXA), can help discriminate if this overestimation of mesomorphy exists.

## Conclusions

This study shows that somatotype changes according to disease duration with a tendency towards increasing muscle mass and not only fat mass. With the findings in this study, we can say that somatotype can be effectively applied to the study of T2DM.

## Acknowledgments

We thank Sergio Lozano-Rodriguez, M.D. for his help in translating the manuscript.

## Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

## Bibliography

- Altamirano LM. Epidemiología y diabetes. *Rev Fac Med UNAM*. 2001;44(1):35-7.
- Chen L, Magliano DJ, Zimmet PZ. The Worldwide Epidemiology of Type 2 Diabetes Mellitus-Present and Future Perspectives. *Nat Rev Endocrinol*. 2012;8(4):228-36.
- Secretaría de Salud. *Boletín Epidemiológico Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Sistema Único de Información*. In: Dirección General de Epidemiología, ed. Mexico City: SSA; 2017:68.
- Barquera S, Campos-Nonato I, Aguilar-Salinas C, Lopez-Ridaura R, Arredondo A, Rivera-Dommarco J. Diabetes in Mexico: Cost and Management of Diabetes and its Complications and Challenges for Health Policy. *Globalization and health*. 2013;9(1):3.
- Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Franco A, Cuevas-Nasu L, *et al.* Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012: Diseño y Cobertura. *Salud Pública Méx*. 2012;55:108-12.
- Sheldon WH, Stevens SS, Tucker WB. *The Varieties of Human Physique: An Introduction to Constitutional Psychology*. Vol 1. New York: Harper & Brothers Publishers; 1940. 29-79.
- Heath BH, Carter JEL. A modified somatotype method. *Am J Phys Anthropol*. 1967;27:57-74.
- Carter J. *The Heath-Carter Anthropometric Somatotype. Instruction Manual*. Surrey, Canada: San Diego State University; 2002. 2-7.
- Galić BS, Pavlica T, Udicki M, Stokić E, Mikalački M, Korovljević D, *et al.* Somatotype Characteristics of Normal-Weight and Obese Women Among Different Metabolic Subtypes. *ABE&M*. 2016;60(1):60-5.
- Singh S. Somatotype and disease—A review. *Anthropologist*. 2007;3:251-61.
- Koleva M, Nacheva A, Boev M. Somatotype and Disease Prevalence in Adults. *Reviews on environmental health*. 2002;17(1):65-84.
- Marroquín AL, Martínez TJ, Morales L, Garza EA. Somatotipo de la Mujer con Síndrome de Ovario Poliúístico. *Revista FML*. 2012;16(4):4.
- Baltadjiev AG. Somatotype Characteristics of Male Patients With Type 2 Diabetes Mellitus. *Folia Med (Plovdiv)*. 2012;54(2):40-5.
- Yadav VS, Koley S, Sandhu J, Nigam S, Arora P. A Study on Somatotyping of Patients With Type 2 Diabetes Mellitus in Amritsar. *Anthropologist*. 2007;9(3):247-9.
- Wang Y, Rimm EB, Stampfer MJ, Willett WC, Hu FB. Comparison of Abdominal Adiposity and Overall Obesity in Predicting Risk of type 2 Diabetes Among Men. *Am J Clin Nutr*. 2005;81(3):555-63.
- Jackson DL. Revisiting Sample Size and Number of Parameter Estimates: Some Support for the N:q Hypothesis. *Struct Equ Modeling*. 2003;10(1):128-41.
- Kline RB. *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. Fourth ed: Guilford Press; 2016. 16.
- Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, Ridder JHD. *International Standards for Anthropometric Assessment*. Third ed. New Zealand: Lower Hutt (ISAK); 2011;17-18.
- Byrne BM. *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming*. Second ed. New York, NY: Taylor and Francis Group, LLC; 2010. 343.
- Samson MM, Meeuwssen I, Crowe A, Dessens J, Duursma SA, Verhaar H. Relationships between physical performance measures, age, height and body weight in healthy adults. *Age Ageing*. 2000;29(3):235-42.
- Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cristini C, van Kan GA, Janssen I, Morley JE, *et al.* Difficulties With Physical Function Associated With Obesity, Sarcopenia, And Sarcopenic-Obesity In Community-Dwelling Elderly Women: The EPIDOS (EPIDemiologie de l'Os teoporose) Study. *Am J Clin Nutr*. 2009;89(6):1895-900.
- Zamboni M, Mazzali G, Fantin F, Rossi A, Di Francesco V. Sarcopenic Obesity: A New Category Of Obesity In The Elderly. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2008;18(5):388-95.
- Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, *et al.* Epidemiology Of Sarcopenia Among The Elderly In New Mexico. *Am J Epidemiol*. 1998;147(8):755-63.
- Morley JE. Sarcopenia in The Elderly. *Fam Pract*. 2012;29(suppl 1):i44-i8.

25. Baltadjiev AG. Somatotype Characteristics of Female Patients With Type 2 Diabetes Mellitus. *Folia Med (Plovdiv)*. 2013;55(1):64-9.
26. Perna S, Peroni G, Faliva MA, Bartolo A, Naso M, Miccono A, *et al.* Erratum to: Sarcopenia and sarcopenic obesity in comparison: prevalence, metabolic profile, and key differences. A cross-sectional study in Italian hospitalized elderly. *Aging Clin Exp Res*. 2017;1-10.
27. Mesquita AF, Silva ECD, Eickemberg M, Roriz AKC, Barreto-Medeiros JM, Ramos LB. Factors associated with sarcopenia in institutionalized elderly. *Nutr Hosp*. 2017;34(2):345-51.
28. Pahor M, Kritchevsky S. Research hypotheses on muscle wasting, aging, loss of function and disability. *J Nutr Health Aging*. 1998;2(2):97-100.
29. Herrera H, Hernández-Valera Y, Hernández R, Rebato E. Características somatotípicas de un grupo de ancianos venezolanos institucionalizados. *Antropa*. 2001;1:31-41.
30. Herrera H, Rebato E, Hernandez R, Hernández-Valera Y, Alfonso-Sanchez M. Relationship between somatotype and blood pressure in a group of institutionalized Venezuelan elders. *Gerontology*. 2004;50(4):223-9.

# Respuesta de la glucemia frente a dos intensidades de ejercicio físico realizado en ayunas en mujeres jóvenes

Juan C. Sánchez-Delgado<sup>1,2</sup>, Adriana Angarita-Fonseca<sup>3,4</sup>, Clara L. Aguirre-Aguirre<sup>1</sup>, Diana M. Aguirre-Rueda<sup>2</sup>, Rubén D. Pulgarín-Araque<sup>2</sup>, Sandra Pinzón-Romero<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Santander, Facultad de Ciencias de la Salud, Grupo de Investigación Fisioterapia Integral, Bucaramanga, Colombia. <sup>2</sup>Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia. <sup>3</sup>Universidad de Santander, Facultad de Ciencias de la Salud, Grupo de Investigación Fisioterapia Integral, Grupo de investigación en Manejo Clínico CliniUDES, Bucaramanga, Colombia. <sup>4</sup>University of Saskatchewan, Saskatoon, Canadá. <sup>5</sup>Universidad Autónoma de Manizales (UAM), Manizales, Colombia.

**Recibido:** 09.08.2017  
**Aceptado:** 26.02.2018

## Resumen

**Introducción:** La práctica de Ejercicio Físico (EF) en estado de ayuno ha sido controvertida; no obstante, algunas investigaciones evidencian mayor pérdida de grasa corporal y mejor control glucémico en quienes participan de entrenamiento aeróbico en estado de ayuno.

**Objetivo:** Evaluar la respuesta de la glucemia después de una sesión de ejercicio físico de intensidad moderada o vigorosa realizado en ayunas en mujeres jóvenes.

**Materiales y métodos:** Se realizó un ensayo clínico controlado aleatorizado. Veinticuatro mujeres (19 a 22 años) fueron asignadas de manera aleatoria a dos grupos de intervención. El primero fue sometido a una intensidad de ejercicio del 70% de la Frecuencia Cardíaca Máxima (FCM) durante 30 minutos y el segundo a una intensidad del 90% de la FCM durante 15 minutos. Se evaluaron la talla (cm), peso (Kg), índice de masa corporal (IMC), porcentaje de grasa y consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) mediante una prueba de esfuerzo. Los niveles de glucemia fueron determinados antes y después de la sesión de ejercicio de cada grupo.

**Resultados:** No se encontraron cambios significativos en los niveles de glucosa en sangre post ejercicio en ningún grupo experimental, y las diferencias existentes no fueron estadísticamente significativas.

**Conclusión:** El ejercicio físico moderado o vigoroso en estado de ayuno no mostró variaciones significativas en la glucemia posterior a su ejecución, lo que sugiere seguridad en el desarrollo del entrenamiento en ayuno en mujeres jóvenes saludables.

**Palabras clave:**  
Ejercicio. Glucemia.  
Rendimiento atlético.  
Composición corporal.

## Blood glucose response to two intensities of physical exercise in young women during fasting

### Summary

**Introduction:** Physical exercise in the fasting state has been a controversial topic; however, some studies have shown a greater loss of body fat and better glycemic control in those who participate in aerobic training when fasting.

**Aim:** To evaluate the glycemic response after a session of moderate or vigorous physical exercise in young women in the state of fasting.

**Material and method:** A randomized clinical trial was carried out. Twenty-six women (19 to 22 years old) were randomly assigned to two intervention groups. The first group was trained at an intensity of 70% of maximum heart rate (MHR) for 30 minutes, and the second group at an intensity of 90% MHR for 15 minutes. Height (cm), weight (Kg), body mass index (BMI), fat percentage, and maximum oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ) during a stress test were evaluated. Blood glucose levels were checked before and after the exercise session of each group.

**Results:** No significant changes were found in post-exercise blood glucose levels in any experimental group, and the existing differences were not statistically significant.

**Conclusions:** Moderate or vigorous physical exercise during fasting did not show significant variations in blood glucose, which suggests that it is safe for healthy young women to train when fasting.

**Key words:**  
Exercise. Blood glucose.  
Athletic performance. Body  
composition.

**Correspondencia:** Juan Carlos Sánchez-Delgado  
E-mail: juancarlossanchezd@gmail.com

## Introducción

Las recomendaciones que emiten las organizaciones especializadas en actividad física (AF), promulgan sus beneficios en la salud, tal como lo mencionan Cenarruzabeitia<sup>1</sup> et al (2003); Cadore<sup>2</sup> et al (2005); Bayego<sup>3</sup> et al (2012). Entre las más destacadas está el control de los niveles de glucosa en sangre, gracias al aumento de la sensibilidad a la insulina y de los receptores no insulino-dependientes, lo que finalmente disminuye el riesgo de presentar a futuro enfermedades crónicas de tipo metabólico<sup>4,5</sup>; sin embargo, no todos reconocen estos beneficios<sup>6,7</sup>.

Específicamente, el ejercicio físico (EF) desarrollado en las mañanas se encuentra entre las rutinas más utilizadas por la población en general; conlleva beneficios adicionales como una mayor pérdida de grasa corporal, cuando se realiza antes de consumir algún alimento. Entre las razones fisiológicas de este fenómeno se mencionan los bajos niveles de insulina y elevados niveles de epinefrina plasmática presentes durante el ejercicio, lo cual se asocia con aumento de la lipólisis y oxidación de la grasa periférica<sup>8-9</sup>.

Van Proeyen<sup>8</sup> et al (2010), refieren que el entrenamiento en estado de ayuno mejora la capacidad oxidativa del músculo y aumenta el uso de combustible lipídico durante actividades aeróbicas, sin alterar la oxidación de los carbohidratos (CHO), previniendo la hipoglucemia. No obstante, es importante resaltar la necesidad de ingerir alimentos la noche anterior para garantizar una reserva adecuada de glucosa al iniciar la sesión de entrenamiento. Otro de los beneficios reportados en la literatura revisada, es el referido por Stannard<sup>9</sup> et al (2010), los cuales concluyen que no solo hacer ejercicio con regularidad disminuye el riesgo de resistencia a la insulina, también hacerlo con el estómago vacío.

Al realizar EF sin una reserva de glucógeno completa a causa del ayuno, los valores glucémicos pueden ser equilibrados por la gluconeólisis hepática o gluconeogénesis de acuerdo con la intensidad y duración de la actividad física<sup>8-12</sup>. El aporte energético del carbohidrato durante intensidades bajas de esfuerzo (30%  $VO_{2max}$ ) es alrededor del 10% al 15% y aumenta su utilización de tres a cuatro veces cuando se realizan actividades máximas o supramáximas, donde el mayor aporte energético es derivado del fosfágeno, glucosa sanguínea y glucógeno muscular<sup>13</sup>.

El porcentaje de energía aportado por la glucosa sanguínea a intensidades del 25%, 65%, 85%  $VO_{2max}$  está alrededor del 10% y su variación post ejercicio al parecer no es significativa después de realizar actividades a intensidades entre el 45% y 65%  $VO_{2max}$  con una duración  $\leq 120$  min<sup>13-15</sup>.

Finalmente, esta investigación tiene como objetivo analizar la respuesta de la glucemia frente a un EF realizado en estado de ayuno, teniendo en cuenta las recomendaciones del tipo de ejercicio, así como de las intensidades "moderadas o vigorosas" emitidas por la OMS, el Colegio Americano de Medicina Deportiva, la Asociación Americana del Corazón y la Asociación Británica del Deporte y las Ciencias del Ejercicio para la población adulta joven<sup>16-17</sup>.

## Material y método

Se realizó un ensayo clínico controlado aleatorizado, con dos grupos de intervención en paralelo. Se utilizó una razón de asignación 1:1.

## Participantes

La población estuvo conformada por estudiantes del programa de fisioterapia de la Universidad de Santander, mujeres, mayores de edad y residentes en el área metropolitana de Bucaramanga, que aceptaron participar del estudio voluntariamente, previa lectura del consentimiento informado. Los criterios de inclusión fueron la participación voluntaria, ser mayor de edad, no presentar ninguna contraindicación relativa o absoluta para realizar EF, para lo cual se usó como ayuda el cuestionario de auto diligenciamiento para población entre los 15-69 años, *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PARQ&YOU), de la Sociedad Canadiense de Fisiología del Ejercicio<sup>18</sup>. Se excluyeron aquellas participantes que presentaron dolor de origen osteoarticular durante la sesión de ejercicio (n=1), disconfort torácico (n=1), gastroenteritis (n=1) y por haber desayunado (n=1) (Figura 1).

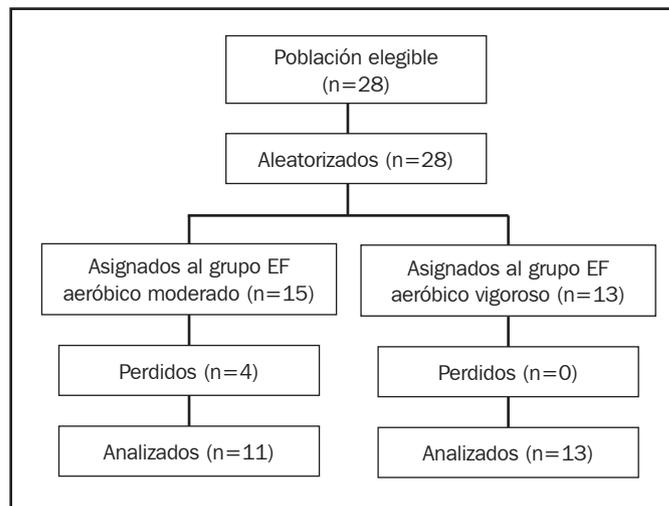
La población elegible fue de 24 mujeres, quienes fueron distribuidas en dos grupos mediante aleatorización simple empleando el software Epiinfo 6.04d. El programa asignó 15 mujeres al grupo de EF aeróbico moderado (G0) y 13 al grupo EF vigoroso (G1). No se realizó enmascaramiento alguno.

## Procedimiento

El estudio se dividió en tres fases:

- En la primera semana se socializaron los objetivos del estudio, se solicitó la participación voluntaria y firma del consentimiento informado de cada uno de los participantes.
- En la segunda semana se realizó la valoración antropométrica y de la capacidad física aeróbica a través del test de "yo-yo"<sup>19</sup>.
- En la tercera semana se realizó la asignación aleatoria de los grupos de intervención: (G0) y (G1); se desarrolló la intervención, con la toma de la glucemia antes y después del EF. Por otra parte, es importante precisar que no hubo control de la dieta en la noche y semana anterior a la intervención.

Figura 1. Diagrama de flujo, recolección de datos.



Fuente: los autores.

## Intervenciones

Se realizó una sola sesión de ejercicio físico de carrera continua a las 6:30 am en las 24 participantes. El (G0) incluyó 5 minutos de calentamiento, 30 minutos de ejercicio al 70% de la Frecuencia Cardíaca de Reserva (FCR) según Karvonen<sup>20</sup>, controlada por monitores de frecuencia cardíaca (Polar, Sounto, Omrom) y 5 minutos de recuperación; el G1 desarrolló el mismo proceso con una intensidad de ejercicio al 90% de la FCR según Karvonen durante 15 minutos.

## Mediciones

### Medición antropométrica

Para la medición de talla, se usó un tallímetro estándar con una graduación en centímetros (cm) y milímetros (mm), y se leyó con una precisión de 0.1 cm, también se registró el peso corporal con báscula digital con una precisión de 100 gramos, para finalmente calcular el índice de masa corporal (IMC). Adicionalmente, se tomaron 6 pliegues cutáneos (Tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo anterior, pantorrilla) utilizando plicómetro Harpenden, con precisión de escala de 0,2 mm, con el fin de determinar el porcentaje de grasa corporal utilizando la ecuación de Yuhasz<sup>21</sup>. Todas las mediciones fueron realizadas siguiendo las normas ISAK.

### Cuantificación de la glucemia

Se registraron 2 muestras de glucemia pre y post-ejercicio a nivel del pulpejo del dedo índice con monitor de glucosa en sangre FastCheck® (Laboratorios DAJ, Colombia). Este dispositivo no requiere calibración por códigos ni chips electrónicos.

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos se digitaron en Excel, la base de datos obtenida se exportó a Stata 13,0 para su posterior análisis. Para las medidas en escala numérica se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión según la distribución de las variables y para las medidas en escala nominal se calcularon frecuencias absolutas y relativas. La diferencia entre mediciones se comparó entre grupos mediante la prueba *t* de Student para datos independientes; mientras que la comparación intragrupos del cambio de la glucemia antes y después de la intervención se realizó mediante una prueba *t* de Student para datos pareados. Se consideró un nivel alpha del 5% para todo el análisis.

### Consideraciones éticas

Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Este estudio fue aprobado por el comité de investigaciones del Programa de Fisioterapia de la Universidad de Santander. Se respetaron los principios éticos de confidencialidad, beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

## Resultados

De acuerdo con la Tabla 1, la mediana de edad de quienes realizaron EF moderado fue 20 años, y de quienes realizaron EF aeróbico vigoroso fue 21 años. El promedio del IMC fue de 23,4 (kg/m<sup>2</sup>), el de % de grasa 27,5%, el VO<sub>2max</sub> 35,4 ml.kg min, glucemia pre 89,1 mg/dl y glucemia post EF 93,1 mg/dl.

Al comparar los cambios en los niveles de glucemia pre y post ejercicio en los dos grupos "EF aeróbico moderado y EF aeróbico vigoroso" no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la glucemia inicial (p=0,701), glucemia final (p=0,611) ni en las diferencias entre la glucemia inicial y final (p=0,673). Por otro lado, en la comparación intra-grupo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas antes y después de la intervención en el grupo EF Moderado (p=0,177) ni el grupo EF Vigoroso (p=0,416) (Tabla 2).

## Discusión

En el presente estudio, el tipo y las intensidades del EF fueron planteados de acuerdo con las recomendaciones emitidas por instituciones especializadas en las ciencias del ejercicio para este tipo de población<sup>16-17</sup>. Los resultados muestran que el EF realizado con intensi-

**Tabla 1. Evaluación basal de la población de estudio, según grupo de intervención.**

Variable	EF moderado (n=11)	EF vigoroso (n=13)	Global (n=24)
Edad (RIC)	20 (19-21)	21 (19-21)	20 (19-21)
Talla (mts)	1,61 ± 0,1	1,58 ± 0,1	1,59 ± 0,06
Peso (Kg)	62 ± 11,8	58,3 ± 4,5	59,8 ± 8,6
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,6 ± 3,8	23,2 ± 2,8	23,4 ± 3,2
% Grasa	28 ± 7,9	27,2 ± 5,1	27,5 ± 6,4
VO <sub>2max</sub>	35,4 ± 3,9	35,5 ± 3,1	35,4 ± 3,5
GluPreEF	88,4 ± 5,8	89,6 ± 9,1	89,1 ± 7,6
GluPostEF	95,2 ± 13,3	93 ± 10	93,1 ± 11,6

RIC: Rango Intercuartilico. IMC: Índice de Masa Corporal. GluPreEF:Glucemia pre-ejercicio. GluPostEF: Glucemia post-ejercicio.

**Tabla 2. Glucemia antes y después de la intervención en la población de estudio, según grupo de estudio.**

Variable	EF moderado n=11	EF vigoroso n=15	Valor p
Glucemia inicial (mg/dL)	88,4 ± 5,8	89,6 ± 9,1	0,701*
Glucemia final (mg/dL)	95,2 ± 13,3	93 ± 10	0,611*
Diferencia glucemia inicial-final(mg/dL)	6,8 ± 15,5	3 ± 13,1	0,673*
Valor p (comparación evaluación inicial y final)	0,177**	0,416**	

\*Prueba t-test para muestras independientes. \*\*Prueba t-test para datos pareados. Fuente los autores.

dad moderada o vigorosa en condiciones de ayuno, no genera cambios en los niveles de glucemia inmediatamente después del EF, lo cual es coherente con la mayoría de los estudios revisados<sup>21-25</sup>.

Una de las razones de la poca variación de la glucemia post ejercicio en los dos grupos experimentales (G0= 6,8±15,5; G1=3±13,1), se argumenta por la compensación producida por la glucogenólisis y gluconeogénesis hepáticas, que pueden ser promovidas por el ayuno, el cual causa aumentos en la liberación de glicerol considerado un precursor valioso para el desarrollo de estos procesos<sup>26-28</sup>.

Ferreira A<sup>14</sup> et al (2016) y Van Proeyen<sup>29</sup> et al (2013), refieren que una de las posibles razones por las cuales la glucemia no disminuyó, es que el EF realizado en ayunas, estimula la producción de energía a través de la oxidación de las grasas, lo que conlleva a que las personas que realizan entrenamiento en esta condición disminuyan en mayor proporción su grasa corporal, sin afectar significativamente la concentración de glucosa en sangre; no obstante, es importante resaltar que cuando los lípidos ganan protagonismo en la producción de energía el rendimiento físico tiende a disminuir<sup>30</sup>.

Otra de las posibles razones de la no variación de la glucemia inmediatamente después del ejercicio realizado en estado de ayuno, es el bajo consumo de glucosa que tienen en este momento todos los tejidos corporales, exceptuando el músculo e hígado<sup>12</sup>. También es importante resaltar, que si bien el ejercicio puede aumentar la sensibilidad de insulina y transporte de glucosa hacia el músculo, este efecto puede ser atenuado por las respuestas lipolíticas ya comentadas, así como las hormonales anti-hipoglucemiantes promovidas por el estado de ayuno, que se caracterizan por incremento de catecolaminas, cortisol, hormona del crecimiento y glucagón, el cuál controla el 70% de la producción de glucosa durante el ejercicio estimulando la gluconeogénesis, proceso que se hace más importante cuando las reservas de glucógeno se agotan a causa del ejercicio prolongado o estados de inanición<sup>26,31,32</sup>.

Es importante considerar que la mayoría de los estudios publicados sobre el tema, utilizan ejercicios de intensidades no mayores del 70% VO<sub>2max</sub> con duración inferior a 120 minutos, por lo que los resultados aquí expuestos no deben extrapolarse como efectos a largo plazo, donde la probabilidad de hipoglucemia puede aumentar<sup>26</sup>.

A pesar de los resultados del presente estudio y la evidencia respecto el efecto acelerado de la oxidación de las grasas cuando se realiza EF en estado de ayuno, es necesario aclarar, que estos efectos han sido observados en personas entrenadas y/o saludables, por lo que se sugieren realizar con precaución este tipo de entrenamiento en personas sedentarias<sup>21,22,26,29</sup>.

## Conclusión

La no existencia de cambios en la glucemia después la realización de una sesión ejercicio físico a intensidad moderada durante 30 minutos o vigorosa de 15 minutos, sugiere seguridad en el desarrollo de una sesión de entrenamiento de este tipo en mujeres jóvenes sanas.

## Limitaciones

El método de análisis utilizado para evaluar la concentración de glucosa puede ser considerado una limitación en nuestro estudio,

ya que el glucómetro puede poseer un margen de error entre 10%-15%, no obstante su uso es comprensible al tratarse de un trabajo de campo; lo anterior, a pesar de que la mayoría de los estudios revisados evalúan esta variable utilizando muestras de sangre venosa o arterial. Finalmente, otras de las limitaciones observadas fueron el tamaño de muestra utilizado y el no control de la dieta la noche o semana anterior; por lo cual se plantea que para futuros análisis se incluya una muestra representativa, el control de las variables dietarias y la evaluación de los cambios de la glucemia a largo plazo con el objetivo de confirmar los beneficios o consecuencias sobre la salud de este tipo de práctica desarrollada de forma prolongada en el tiempo.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Salud y al programa de Fisioterapia de la Universidad de Santander UDES, por su apoyo y acompañamiento en la realización de la presente investigación.

## Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

## Bibliografía

1. Cenarruzabeitia J, Hernández M. Beneficios de la actividad física y riesgos del sedentarismo. *Med Clin (Barc)*. 1998;121:665-72.
2. Cadore L, Arias B, Martins K. Effects of the physical activity on the bone mineral density and bone remodeling. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11:338-44.
3. Bayego S. Prescripción de Ejercicio Físico: indicaciones, posología y efectos adversos. *Med Clin (Barc)*. 2012;138:18-24.
4. Jeppesen J, Hansen TW, Rasmussen S, Ibsen H, Torp-Pedersen C, Madsbad S. Insulin resistance, the metabolic syndrome, and risk of incident disease cardiovascular: a population-based study. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(21):2112-9.
5. Rutter MK, Meigs JB, Sullivan LM, D'Agostino RB, Wilson PW. Insulin Resistance, the metabolic syndrome and incident cardiovascular events in the Framingham Offspring Study. *Diabetes*. 2005;54(11):3252-7.
6. Coker RH, Hays NP, Williams RH, Brown AD, Freeling SA, Kortebein PM, et al. Exercise-induced changes in insulin action and metabolism in elderly adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(3):433-8.
7. O'Donovan G, Kearny EM, Nevill AM, Woolf-May K, Bird SR. The effects of 24 weeks of moderate-or high intensity exercise on insulin resistance. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95(5):522-8.
8. Van Proeyen K, Szulcick K, Nielens H, Ramaekers M, Hespel P. Beneficial metabolic adaptations due to endurance exercise training in the fasted state. *J Physiol*. 2010;110(1):236-45.
9. Stannard SR, Buckley AJ, Edge JA, Thompson MW. Adaptations to skeletal muscle with endurance exercise training in the acutely fed versus overnight-fasted state. *J Sci Med Sport*. 2010;13(4):465-9.
10. Barbary JR. *Fisiología del ejercicio físico y el entrenamiento*. 2º ed. Badalona Editorial Paidotribo. 2010. p. 61-5.
11. Ramírez R. Utilización de Carbohidratos durante el Esfuerzo Físico. G-SE Publice Standard. (Revista electrónica) 2007 (consultado 1005/2014). Disponible en: <http://g-se.com/es/fisiologia-del-ejercicio/articulos/utilizacion-de-carbohidratos-durante-el-esfuerzo-fisico-873>
12. Cahill GF Jr. Fuel metabolism in starvation. *Annu Rev Nutr*. 2006; 26: 1-22.
13. Jensen TE, Richter EA. Regulation of glucose and glycogen metabolism during and after exercise. *J Physiol*. 2012;590(5):1069-76.
14. Vieira AF, Costa RR, Macedo RC, Coconcelli L, Krue L. Effects of aerobic exercise performed in fasted v. fed state on fat and carbohydrate metabolism in adults: a systematic review and meta-analysis. *Br J Nutr*. 2016;116:1153-64.
15. Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci*. 2011;29:517-27.

16. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA *et al.* Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 Aug;39(8):1423-34.
17. O'Donovan G, Blazevich AJ, Boreham C, Cooper AR, Crank H, Ekelund U, *et al.* The ABC of Physical Activity for Health: A consensus statement from the British Association of Sport and Exercise Sciences. *J Sports Sci.* 2010;28(6):523-91.
18. Thomas S, Reading J, Shephard RJ. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Can J Spt Sci.* 1992;17(4):338-45.
19. Krstrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, *et al.* The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(4):697-705.
20. Karvonen J, Vuorima T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sport Med.* 1988;5(5):303-11.
21. Trabelsi K, Stannard SR, Ghilisi Z, Maughan RJ, Kallel C, Jamoussi K, *et al.* Effect of fed-versus fasted state resistance training during Ramadan on body composition and selected metabolic parameters in bodybuilders. *Int Soc Sports Nutr.* 2013;10(1):23.
22. De Bock K, Derave W, Eijnde BO, Hesselink MK, Koninckx E, Rose AJ, *et al.* Effect of training in the fasted state on metabolic responses during exercise with carbohydrate intake. *J Appl Physiol.* 2008;104(4):1045-55.
23. Guéye L, Second, Samba, *et al.* Physiological adaptations to exercise during a short-term fasting. *Scr Med (Brno).* 2003;(76):291-6.
24. Dohm GL, Beeker RT, Israel RG, *et al.* Metabolic responses to exercise after fasting. *J Appl Physiol.* 1986;(61):1363-8.
25. Aziz AR, Wahid MF, Png W, Jesuvadian CV. Effects of Ramadan fasting on 60 min of endurance running performance in moderately trained men. *Br J Sports Med.* 2010 Jun;44(7):516-21.
26. Brun JF, Dumortier M, Fedou C, Mercier J. Exercise Hypoglycemia in Nondiabetic subjects. *Diabetes Metab.* 2001;27:92-106.
27. Maughan RJ, Fallah J, Coyle EF. The effects of fasting on metabolism and performance. *Br J Sports Med.* 2010;44(7):490-4.
28. Adams OP. The impact of brief high-intensity exercise on blood glucose levels. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2013;6:113-22.
29. Van Proeyen K, Szlufcik K, Nielens H, Pelgrim K, Deldicque L, Hesselink M, *et al.* Training in the fasted state improves glucose tolerance during fat-rich diet. *J Physiol.* 2013;588(21):4289-302.
30. Holloszy JO, Kohrt WM. Regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise. *Annu Rev Nutr.* 1996;16:121-38.
31. Jensen TE, Richter EA. Regulation of glucose and glycogen metabolism during and after exercise. *J Physiol.* 2012;590(5):1069-76.
32. Wasserman DH. Four grams of glucose. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2009;296(1):E11-E21.

# Estudio del estado de hidratación de futbolistas profesionales mediante diferentes métodos de evaluación de la composición corporal

Guillermo Casas Ares<sup>1</sup>, Alberto López Moreno<sup>2</sup>, Fernando García Oliveri<sup>2</sup>, Raquel Blasco Redondo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Valladolid. <sup>2</sup>Dpto Departamento de pediatría e inmunología, obstetricia y ginecología, nutrición y bromatología, psiquiatría e historia de la ciencia. Universidad de Valladolid.

**Recibido:** 09.02.2018  
**Aceptado:** 06.03. 2018

## Resumen

**Introducción:** El estado de hidratación del individuo durante la práctica deportiva, es uno de los temas más importantes en la actualidad en relación a la práctica de ejercicio físico, sobre todo, en ambientes calurosos y de duración prolongada (>1h). En el presente estudio, se analiza el estado de hidratación de jugadores profesionales de fútbol, integrantes del Real Valladolid B, durante una sesión de entrenamiento en diferentes épocas del año, con el fin de, además de comprobar su estado de hidratación, poder observar de qué manera influye el clima en dicho estado. Dado que una alteración en el estado de hidratación, será perjudicial para el deportista, afectando tanto a su rendimiento físico, como a su salud, el cumplimiento de una serie de normas y pautas existentes será imprescindible para mantener un estado óptimo de hidratación.

**Métodos:** Se usaron distintos métodos de evaluación de la hidratación. Un registro de doble pesada, una bioimpedanciometría pre y post entrenamiento, una cineantropometría pre y post entrenamiento y la medición de la densidad de orina únicamente post entrenamiento.

**Resultados:** Los resultados mostraron diferencias significativas en cuanto a la diferencia de peso entre el pre y post entrenamiento, y en el% de variación de peso entre enero y mayo. La densidad de orina indicó también la aparición de un estado de deshidratación postejercicio. La bioimpedancia y la antropometría mostraron diferencias significativas y una concordancia baja entre ellas, siendo la antropometría la más sensible.

**Conclusiones:** La diversidad de resultados obtenidos, relacionados con la aparición de un estado de deshidratación en los jugadores en el momento postejercicio, sugiere la necesidad de aconsejar y concienciar a los deportistas sobre el cumplimiento de estrategias de reposición hidroelectrolítica individualizadas, teniendo en cuenta las características propias del individuo, así como las externas a este.

**Palabras clave:**  
Hidratación. Fútbol.  
Bioimpedanciometría.  
Cineantropometría.  
Reposición hidroelectrolítica.

## Evaluation of the hydration status in professional football players through different body composition assessment techniques

### Summary

**Introduction:** The hydration status of the individual during sports is currently one of the most important issues in relation to the practice of physical exercise, especially in hot and long-lasting environments (>1h). In the present study, the hydration status of professional football players, members of Real Valladolid B, is analysed during a training session at different times of the year in order to check their hydration status, as well as to observe in which way the climate influences the aforesaid state. Since a variation in the hydration status, whether dehydration or overhydration, is harmful for the athlete, affecting both his physical performance and health. Thus, in order to maintain an ideal hydration status throughout the physical effort, it will be essential to accomplish a set of regulations and guidelines.

**Methods:** For this purpose, different hydration assessment techniques are used. These techniques comprise a double weight recording, a bioimpedance analysis before and after training, a cineantropometry before and after training, and, only after training, the measurement of the density of the urine.

**Results:** the results showed differences regarding the different weight obtained before and after training, as well as a variation in the weight percentage between January and May. Urine density also pointed out the manifestation of a state of post-exercise dehydration. Furthermore, the bioimpedance and anthropometry reflected significant differences and low consistency between them, being anthropometry the most accurate method.

**Conclusions:** the diversity of results obtained, related to the appearance of a state of dehydration in players at the post-exercise moment, suggests the necessity of advising and raising awareness among the athletes about the compliance of the individualized strategies of hydroelectricity replacement, taking into account the personal characteristics of the individual, as well as those that are external to him.

**Key words:**  
Hydration. Football.  
Bioimpedance analysis.  
Cineanthropometry.  
Hydroelectrolytic replacement.

**Correspondencia:** Guillermo Casas Ares  
E-mail: guicasas2@gmail.com

## Introducción

El estado de hidratación de los deportistas profesionales es uno de los parámetros medibles en la actualidad que ha demostrado una relación inversa con el rendimiento deportivo y la salud. De esta manera, cualquier alteración que no permita estar al deportista euhydratado (estado óptimo de hidratación) influirá negativamente en su rendimiento y en su salud<sup>1-3</sup>. Según el American College Sport Medicine<sup>4</sup>, existen diferentes marcadores biológicos útiles para evaluar el estado de hidratación que se pueden observar en la Tabla 1.

Durante la práctica deportiva la temperatura corporal aumenta, esto provoca que el organismo ponga en marcha una serie de mecanismos que potencian la pérdida de este calor (termorregulación): aumenta el flujo sanguíneo en los vasos más próximos a la piel (vasodilatación periférica), así como la secreción de sudor. Este último mecanismo será la vía principal de disipación del calor del organismo durante un ejercicio prolongado, incluso a intensidad submáxima y especialmente en climas cálidos<sup>5</sup>.

La sudoración provocará la pérdida de agua acompañada de electrolitos. Esta pérdida será determinante y no será igual en todos los individuos. Los electrolitos y sales más afectadas por la producción de sudor son el sodio y el cloro dado que el sudor se obtiene de líquidos extracelulares e intracelulares. Trabajos publicados indican que de media se pierden unos 3,2 g de sal por litro de sudor y la eliminación de sudor es de 1-1,5 L por hora de ejercicio<sup>5</sup>.

Para evitar la aparición de alteraciones en el estado de hidratación (deshidratación o hiperhidratación) durante el ejercicio físico, la FEMED/SEMED establece un consenso sobre bebidas para el deportista, composición y pautas de reposición de líquidos<sup>6</sup>, a través del cual se puede obtener la información necesaria para mantener al deportista euhydratado.

El fútbol es un deporte mixto que engloba resistencia física a lo largo de toda la sesión y velocidad en momentos puntuales que

requieren de explosividad. Por otro lado, presenta unas características muy particulares con respecto a la hidratación, dado que los jugadores sólo pueden beber antes y después del partido y en el descanso de este. Implementar una correcta ingesta de líquidos adaptada a las necesidades de cada jugador durante la práctica deportiva, presentaría, sin duda, numerosos beneficios tanto para la salud como para el rendimiento deportivo. Según Monteiro *CR et al.* la reposición hidroelectrolítica media de los jugadores durante la práctica de la actividad es del 50% de las pérdidas que se producen<sup>7</sup>.

Este estudio tiene como objetivo general comprobar el estado de hidratación y si aparecen alteraciones del mismo a lo largo de la práctica deportiva en deportes de equipo, en este caso en el fútbol. Al cual se le añaden los objetivos específicos de evaluar si existen diferencias en el estado de hidratación de los jugadores en función de la climatología y de verificar la fiabilidad de la Cineantropometría y Bioimpedanciometría como métodos de medición y evaluación del Agua Corporal Total.

## Material y método

### Tipo del estudio

Es un estudio observacional, descriptivo y longitudinal. No existiendo ningún tipo de intervención sobre las variables de estudio. Los jugadores bebieron agua a demanda durante las sesiones, como acostumbraban a hacer, no consumiéndose otro tipo de bebidas distintas al agua. Todos los sujetos del trabajo presentaron una similar exposición al factor de estudio, en este caso, la realización de deporte a nivel profesional en los mismos momentos de la temporada deportiva y bajo condiciones ambientales semejantes, en el momento del entrenamiento. En ellos se evaluó el efecto que puede tener la actividad física y la climatología sobre el estado de hidratación y en consecuencia en el rendimiento deportivo y su salud.

Se analiza el estado de hidratación, durante una sesión de entrenamiento, en diferentes condiciones climatológicas, de jugadores de fútbol profesional, integrantes del equipo Real Valladolid B, que actualmente milita en la segunda división B de la Liga Española. Este análisis se realiza mediante la medición de tres variables que son, agua corporal total, gravedad específica de la orina y la variación del peso corporal.

### Población

Dieciocho jugadores de los cuales finalizaron correctamente el estudio catorce de ellos (n=14). Son jugadores de campo (no porteros) varones, elegidos de forma voluntaria para el estudio, todos ellos integrantes del mismo equipo de fútbol profesional, Real Valladolid B.

Para su selección se aplicaron los siguientes criterios de inclusión:

- Tener más de 18 años.
- No presentar ningún tipo de lesión que perjudicara el entrenamiento.
- Entrenar al mismo nivel de intensidad, y en las mismas condiciones ambientales.
- No tomar ningún fármaco que influyera en la retención de líquidos o en el estado físico del jugador.
- Ausencia de elementos metálicos en el cuerpo.

**Tabla 1. Marcadores biológicos del estado de hidratación en función de su utilidad, validez y punto de corte.**

Medición	Utilidad práctica	Validez (cambios agudos y crónicos)	Punto de corte de euhydratación
ACT	Baja	Agudos y Crónicos	<2%
Osmolaridad del Plasma	Media	Agudos y Crónicos	<290 mOsmol
Gravedad específica	Alta	Crónicos	<1020 g/ml
Osmolaridad de la orina	Alta	Crónicos	<700 mOsmol
Peso Corporal (Categoría de la evidencia A)	Alta	Agudos y Crónicos	<1% (Deshidratación excesiva >2%)

ACT: Agua corporal total.

Marcadores biológicos del estado de hidratación en función de su utilidad, validez y punto de corte. Fuente: American College Sports of Medicine, Exercise and fluid replacement. Medicine and Science in Sports and Exercise.

- Firmar y aceptar el consentimiento informado, así como el consentimiento de recogida de muestras biológicas.

Las características de los participantes son: edad (20,8±1,76) años, talla (180,7±4,6) cm, peso (72,8±4,1) kg, e IMC (22,3±1,6) kg/m<sup>2</sup>. Debido a que la muestra extraída no es representativa, no se puede generalizar los resultados del estudio al resto de equipos de fútbol profesional.

Para formar parte del estudio, de forma imprescindible, los participantes recibieron la información, de forma clara, concisa y por escrito, sobre este, de tal forma que comprendieran y aceptaran los procedimientos y el uso de sus datos personales, así como de la recogida y análisis de muestras biológicas. El estudio recibió el dictamen favorable del Comité Ético de Investigación Clínica del Área de Salud Valladolid Este, Hospital Clínico Universitario de Valladolid.

### Procedimientos

El presente estudio tuvo lugar en dos momentos muy importantes de la temporada deportiva, en cuanto a la preparación física. Los mesociclos en los que se realizaron las mediciones fueron:

- En enero durante el periodo de preparación. Justo a la vuelta de las vacaciones de Navidad.
- En mayo durante la fase de competición coincidiendo con las últimas semanas de la temporada deportiva. (Tabla 2).

La selección de estos mesociclos se hizo en base a una similar carga de trabajo.

Para el registro de la temperatura y la humedad relativa del ambiente se recurrió a los datos proporcionados por la Agencia Española de Meteorología. Las temperaturas y humedades relativas (HR) fueron (3,2±2,1) °C y (76,7±12,4) % HR en la primera toma de datos en enero y (13,2±6,3) °C y (59±14,9) % HR en la segunda toma de datos en mayo.

El registro de la Doble Pesada y el % de agua corporal total fueron registrados mediante bioimpedancia eléctrica, usando el monitor de composición corporal BC-601 de TANITA, y respetando estrictamente el protocolo de medición en cuanto a la ausencia de elementos metálicos en el cuerpo. Teniendo en cuenta el interés de realizar un estudio observacional de los cambios de la composición corporal producidos como consecuencia de la ingesta o no de líquidos y de la realización de

ejercicio físico, no se respetaron estos criterios restrictivos del protocolo de medición<sup>8,9</sup>.

Fórmula del% de variación de peso mediante la doble pesada:  

$$\frac{[(\text{Peso al inicio (kg)} - \text{Peso al Final (kg)} + \text{Agua ingerida (L)}) / \text{Peso al inicio}] * 100$$

La medición antropométrica se realizó en base al consenso internacional, la Internacional Society for the Avancement of Kinanthropometry (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría) (ISAK, 2001)<sup>8</sup>, siguiendo unas localizaciones concretas basadas en los textos de Ross y Marfell-Jones de 1991<sup>9</sup>, respaldadas por la ISAK y a nivel español, por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC)<sup>10</sup>. Usando para ello:

- Báscula y Monitor de composición corporal BC-601 de TANITA (precisión 0,1 kg).
- Plicómetro o Lipocalibre Holtain (precisión 0,2 mm).
- Tallímetro de pared (precisión 1mm).
- Cinta métrica: Rosscraft (precisión 1 mm), metálica, estrecha e inextensible.
- Lápiz dermatográfico.

A continuación, los datos se introdujeron en tablas de cálculos para obtener los datos relativos al% de Agua Corporal Total referente a la antropometría. Usando para ello las fórmulas indicadas en la Tabla 3, aplicando la constante de hidratación (73%) de la Masa Magra. Aplicamos esta constante dado que a lo largo de la práctica deportiva se producirá una variación de la constante con lo que solo podremos calcular el pre-entreno asumiendo el error que supone no contar con el reducido% de agua que se encuentra en masa grasa.

También se registró la gravedad específica (GE) o densidad de la orina (DO) post-entrenamiento. La urea (20%), el cloruro de sodio (25%), el sulfato y el fosfato contribuyen la mayor parte de la gravedad específica de la orina normal. Los adultos normales con una ingesta adecuada de líquidos producirán orina de gravedad específica 1016-1022 g/ml durante un período de 24 horas; Sin embargo, los riñones sanos tienen

**Tabla 2. Distribución y condiciones de los entrenamientos.**

Momento:	Fecha	Hora Pre	Hora Post	Temp. amb C°	Hum rel %
<b>Primera medición enero</b>					
Toma 1	26/01/2017	09:00	13:00	-3°C – 6°C	70
Toma 2	02/02/2017	09:00	13:00	4°C – 7°C	91
Toma 3	09/02/2017	09:00	13:00	0°C – 5°C	69
<b>Segunda medición mayo</b>					
Toma 1	27/04/2017	9:00	13:00	0°C-12°C	65
Toma 2	04/05/2017	9:00	12:30	11°C-25°C	42
Toma 3	11/05/2017	9:00	12:30	10°C-22°C	70

Temp.Amb: Temperatura ambiente en grados C°, Hum rel%: Humedad relativa en porcentaje. Distribución y condiciones de los entrenamientos. Todos los entrenamientos fueron en Valladolid, España. En cada toma se midieron 6 jugadores de la plantilla.

**Tabla 3. Fórmulas utilizadas para el cálculo de la densidad corporal, la masa grasa y el agua corporal total a partir de la constante de hidratación de la masa muscular.**

<p><b>Formula de Durning y Womersley, Densidad Corporal, para varones de 20-29 años:</b></p> $1,1631 - 0,0632 * \text{LOG}(\Sigma 4 \text{Pliegues})$
<p><b>Fórmula de Siri para %MG:</b></p> $[(4,95 / \text{DC}) - 4,5] * 100$
<p><b>Uso de la constante de Hidratación para MM, como método para obtener el ACT:</b></p> $\frac{(100 \times [0,73 \times (\text{Peso Kg} - \frac{(\% \text{MG} \times \text{Peso Kg})}{100})])}{(\text{Peso Kg})}$

%MG: Porcentaje de masa grasa, MM: Masa magra, ACT: Agua corporal total

Fórmulas utilizadas para el cálculo de la densidad corporal, la masa grasa y el agua corporal total a partir de la constante de hidratación de la masa muscular.

la capacidad de producir orina con gravedad específica que oscila entre 1003-1035 g/ml. Si una muestra aleatoria de orina tiene una gravedad específica de 1023 g/ml o más, la capacidad de concentración puede considerarse normal. La gravedad específica mínima después de una carga estándar de agua debe ser inferior a 1007 g/ml. Las orinas de baja gravedad específica se denominan hipostenúricas, con gravedad específica inferior a 1007 g/ml<sup>4,11,12</sup>.

En general, los valores normales para la densidad de la orina son los siguientes:

- 1001 g/ml: Baja densidad.
- 1001 - 1020 g/ml: Densidad normal.
- 1020 -1030 g/ml: Indicador de deshidratación
- Más de 1030 g/ml al no ingerir suficientes líquidos.

La recogida de datos se realizó mediante tiras reactivas de análisis de orina DUS-10, A series of Health Mate, las cuales fueron introducidas en los vasos estériles de recogida de muestras durante 2 segundos y leídas a los 60 segundos como indicaba el protocolo. Los valores <1020 g/ml fueron considerados como situación de normohidratación y los >1020 g/ml como indicadores de hipohidratación y/o deshidratación<sup>13</sup>.

### Análisis estadístico

La significación estadística usada en el estudio ha sido  $p < 0,05$ . El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico IBM SPSS 1.0.0.407 para MAC. La normalidad de las variables se determinó mediante el test Shapiro-Wilk ( $n < 30$ ).

Para evaluar si existen diferencias significativas entre las distintas variables (pesos, ACT) se empleó la *T* de Student para variables relacionadas, dada la normalidad de las variables. Para la densidad de la orina dado que no seguía una distribución normal se usó el test de Wilcoxon.

Para comparar la concordancia entre las distintas técnicas de medición del Agua Corporal Total se usó el Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) con un intervalo de confianza del 95%. Además, se expresó gráficamente mediante el análisis de Bland-Altman.

## Resultados

### Descripción de la muestra

Se seleccionaron 14 jugadores integrantes del Real Valladolid B. Los datos referentes al peso, agua corporal, y densidad de orina se encuentran recogidos en la Tabla 4, distinguiendo entre enero y mayo.

En términos generales se observa:

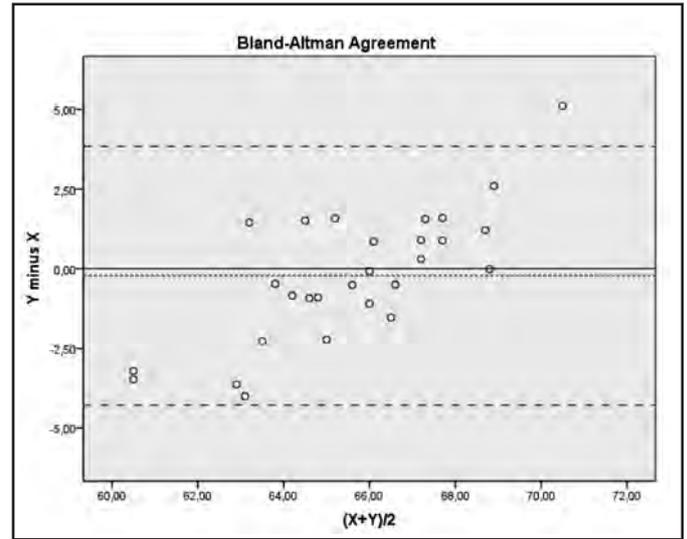
- La ingesta de líquido fue superior en enero que en mayo.
- El % de pérdida de peso corporal es mayor en mayo con respecto a enero.
- La densidad de orina apenas varía entre las dos mediciones.

A continuación, se realiza el análisis estadístico para corroborar si los resultados obtenidos son significativos o no.

### Análisis de significación

Salvo la densidad de orina todas las variables evaluadas seguían una distribución Normal.

**Figura 1. Representación de Bland-Altman para el análisis de concordancia entre BIA y Cineantropometría.**



Representación de Bland Altman para el análisis cualitativo de la Concordancia entre cineantropometría (Siri) y bioimpedanciometría como métodos para la estimación del Agua Corporal Total. Se realiza la media (eje X) y la diferencia (eje Y) de las mediciones para realizar la representación.

**Tabla 4. Datos referentes a las diferentes variables medidas.**

Datos	Enero	Mayo
Peso Pre-ent (kg)	(72,8±4,1) [65,7-79,8]	(73,4±3,8) [65,7-78,6]
Peso Post-ent (kg)	(72,5±4,1) [65,5-79]	(72,5±3,8) [65,1-77,9]
Agua ingerida (ml)	(750,3±281,0) [388-1260]	(586±197,4) [86-975]
% Peso Perdido (Sin contar el agua)	(0,44±0,55) [-0,71-1,3]	(1,18±0,47) [0,6-2]
% Peso perdido (contando el agua)	(1,47±0,31) [0,94- 2,22]	(1,99±0,55) [1,24- 3,24]
ACT mediante Antropometría Preentren (L)	(66,06±1,53) [62,99-68,81]	(65,56±1,66) [61,75-68,03]
ACT mediante BIA Preentren (L)	(65,77±2,43) [60,5- 68,90]	(65,41±2,49) [60,5-70,5]
ACT mediante BIA Postentren (L)	(66,06±3,11) [60,6- 72,5]	(66,39±2,67) [63,3- 71,8]
Densidad de Orina Post-ent (g/ml)	(1027,5±2,6) [1025-1030]	(1026,8±4,2) [1015-1030]

Pre-ent: Pre entrenamiento, ACT: Agua corporal total, BIA: Bioimpedanciometría, Post-ent: Post entrenamiento, Datos obtenidos referentes a las diferentes variables medidas tanto en enero como en mayo. (Me±DE) [Min-Max].

### Variable peso

El análisis estadístico de los datos relativos a los pesos pre y post entrenamiento reflejó una diferencia significativa en ambas mediciones, enero ( $p = 0,000$ ;  $p < 0,05$ ) y mayo: ( $p = 0,000$ ;  $p < 0,05$ ).

Por otro lado, el análisis de los datos relativos al% variación de peso entre enero y mayo reflejó una diferencia significativa entre ambas mediciones ( $p=0,001$ ;  $p<0,05$ ).

### Variable agua corporal total

El análisis estadístico de los datos relativos al ACT pre y postentrenamiento, en enero y mayo, medidos mediante Bioimpedanciometría no reflejó una diferencia significativa en enero ( $p=0,577$ ;  $p>0,05$ ) pero sí en mayo ( $p=0,003$ ;  $p<0,05$ ).

El análisis estadístico de los datos relativos al% variación de ACT entre enero y mayo tampoco arrojó una diferencia significativa entre ambas mediciones ( $p=0,183$ ;  $p>0,05$ ).

### Variable densidad de orina

Tanto en enero ( $1027,5\pm 2,6$  g/ml) como en mayo ( $1026,8\pm 4,2$  g/ml) los resultados obtenidos en cuanto a la DO se encuentran muy por encima del valor de referencia del estado de euhydratación (1020 g/ml). Lo que indica que los jugadores finalizan la práctica deportiva en estado de deshidratación.

El análisis estadístico de los datos relativos a la Densidad de la Orina Postentrenamiento no arrojó una diferencia significativa entre las densidades de enero y las de mayo ( $p=0,317$ ;  $p>0,05$ ). Dado que no seguían distribución normal se usó test de Wilcoxon.

### Análisis de concordancia

Concordancia de medidas de ACT (CCI) ente BIA y Antropometría:

Se analizan los datos referentes al ACT pre-entrenamiento medidos mediante antropometría y mediante BIA con el fin de ver la concordancia entre ellos.

Para ello, se realizó el Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC), el cual, mide el grado de acuerdo o consistencia entre las dos medidas.

El CCI adoptará valores de 0 a 1 y la concordancia aumentará a medida que los valores se acercan a 1. El CCI obtenido fue de:

$$CCI=0,494 \text{ con una } p=0,004$$

Los resultados muestran una diferencia significativa y una concordancia baja entre los dos instrumentos de medida (Antropometría y BIA). Que puede verse representado gráficamente a continuación mediante el método de Bland-Altman (Media (Y-X) = -0,219; IC 95% (-4,277 a 3,838).

## Discusión

El objetivo principal de este estudio es comprobar el estado de hidratación y si aparecen alteraciones del mismo a lo largo de la práctica deportiva, en deportes de equipo, en este caso en el fútbol. Ya que la duración de un partido de fútbol es de 90 minutos se ha evaluado el estado de hidratación tras un entrenamiento de similares periodos de tiempo. Teniendo en cuenta, que durante el entrenamiento va a resultar más fácil la reposición hidroelectrolítica que durante la competición (dadas las limitaciones que presentan los jugadores tanto por normativa de juego como por disponibilidad de la bebida) los resultados obtenidos en relación con los tiempos de entrenamiento son posiblemente mejores que los que se podrían obtener durante la competición.

Los resultados obtenidos para la variable cambio de peso corporal, son estadísticamente significativos, lo que válida a esta como método para determinar el estado de hidratación de los jugadores<sup>4</sup>. El punto de corte del estado de deshidratación tomado como referencia<sup>4,11</sup> es una pérdida de >1%, mientras que >2% supondría una deshidratación excesiva. Las medias de los resultados obtenidos en cuanto a variación de peso son ( $1,47\pm 0,31$ ) y ( $1,99\pm 0,55$ )% de peso perdido en enero y mayo respectivamente.

En ambos meses el estado de deshidratación, está presente en los jugadores. Cabe destacar que en el caso del mes de mayo el % de perdida es casi próximo a la deshidratación excesiva.

Tanto Da Silva Al *et al.* en su estudio con futbolistas en 2011<sup>14</sup> como Da Silva RP *et al.* en 2012<sup>15</sup> obtienen resultados similares en cuanto a% pérdida de peso ( $2\pm 0,2$ ) y ( $1,6\pm 0,8$ ), durante 90 minutos de partido. Sin embargo, Aragón LF *et al.* en 2009<sup>16</sup> y Duffield R *et al.* en 2012<sup>17</sup> presentan unos resultados más elevados de % pérdida de peso ( $3,4\pm 1,1$ ) y ( $3,4\pm 0,7$ ) respectivamente. La disparidad de los datos encontrados en diversos estudios puede deberse a diferentes factores que influyen de manera directa o indirecta en la hidratación del jugador<sup>18</sup>, tales como la temperatura, la humedad relativa, la ingesta de líquidos antes y durante la actividad, el estado en el que se encuentra el jugador previo a la práctica deportiva, la ingesta que haya realizado previamente, la disponibilidad de líquido durante la práctica deportiva, el esfuerzo que realice en ese determinado momento, etc. Aunque, de manera general, los estudios reflejan que los jugadores de fútbol finalizan la práctica deportiva ya sea entrenamiento, o partido de competición en cierto grado de deshidratación con respecto a la variable% de peso perdido (Tabla 5).

- El agua corporal total fue analizada mediante dos instrumentos de medida diferentes, la cineantropometría (fórmula de Siri y aplicación de la constante de hidratación) y la bioimpedanciometría. La cineantropometría únicamente fue evaluada en el momento pre-entrenamiento con lo que no se realizó estudio comparativo, como ya se ha indicado en el apartado de Material y Métodos.
- La bioimpedanciometría, no arrojó resultados significativos en cuanto a la variación del ACT durante la sesión (90 min) en enero pero sí en mayo. Esto puede ser debido a las diferencias existentes entre ambas mediciones referentes a la temperatura, humedad, ropa que vestían los jugadores, o a otros factores.
- Variable densidad de orina. Se toma como referencia los valores indicativos de normohidratación (<1020 g/ml) y de hipohidratación y/o deshidratación (>1020 g/ml)<sup>4,11</sup>:
  - Enero: DO= ( $1027,5\pm 2,6$  g/ml)
  - Mayo: DO= ( $1026,8\pm 4,2$  g/ml)

Ambos indican, la existencia de un estado de deshidratación al finalizar la sesión de entrenamiento (90 min). Los resultados concuerdan con los obtenidos en estudios previos en los que se demostró que los jugadores de fútbol, tras una sesión de entrenamiento o de partido, finalizaban en estado de deshidratación<sup>14-17</sup>. Estudios anteriores, también mostraron que el estado de deshidratación existía en jugadores de fútbol, en los momentos previos a la realización de la práctica deportiva basándose en los datos referentes a la densidad de orina<sup>14-16,19,20</sup>. En este estudio el registro pre-entrenamiento no se realizó por lo que no se puede deducir el estado en el que los jugadores llegaban al entrenamiento, pero sí en el estado en el que finalizaban.

Tabla 5. Comparación del estudio con estudios similares.

Estudios	n/Nivel de jugadores /Sexo	Tipo de actividad/duración/ condiciones	Líquido ingerido (ml)	Deshidratación (% variación del peso)
Aragón-Vargas <i>et al.</i> 2009	17 profesionales Hombres	Partido oficial, 90 min/ 35 ± 1°C, HR = 35 ± 4 %	1948 ± 954	3,4 ± 1,1
Da Silva & Fernández 2003	6 árbitros y 6 asistentes Hombres	Partido, 90 min/ 20 ± 1°C, HR = 77 ± 4%	Árbitros: 320 ± 60 Asistentes: 250 ± 90	Árbitros: 1,6 ± 0,1 Asistentes: 0,6 ± 0,2
Da Silva <i>et al.</i> 2011	10 árbitros Hombres	Partido, 90 min/ 23 ± 1°C, HR = 67 ± 4%	480 ± 90	2,0 ± 0,2
Da Silva <i>et al.</i> 2012	15 profesionales jóvenes Hombres	Partido oficial, 90 min/ 31 ± 2°C, RH = 48 ± 5%	1120 ± 390	1,6 ± 0,8
Duffield <i>et al.</i> 2012	13 profesionales Hombres	Simulación de partido, 100min/ 27 ± 0,1°C, HR= 65 ± 7%	1166 ± 333	3,4 ± 0,7
Gibson <i>et al.</i> 2012	34 profesionales jóvenes Mujeres	Entrenamiento, 90min/ 10 ± 3°C, HR = 63 ± 12%	200 ± 20	0,8 ± 0,7
Kiding <i>et al.</i> 2009	13 profesionales Mujeres	2 entrenamientos, 90min cada uno/ T1: 14 ± 1°C, HR = 71 ± 3%; T2: 6 ± 1°C, HR = 74 ± 3%	T1: 450 ± 250 T2: 379 ± 142	T1: 0,6 ± 0,5 T2: 0,5 ± 0,5
Maughan <i>et al.</i> 2007	20 profesionales Hombres	Partido amistoso, 90min/ 6-8°C, HR = 50-60%	840 ± 470	1,1 ± 0,6
Shirreffs <i>et al.</i> 2005	26 profesionales Hombres	Entrenamiento, 90min/ 32 ± 3°C, HR = 20 ± 5%	972 ± 335	1,6 ± 0,6
Williams & Blackwell 2012	21 profesionales jóvenes Hombres	Entrenamiento, 100min/ 11 ± 1°C, HR = 50 ± 3%	807 ± 557	0,5 ± 0,5
Casas <i>et al.</i> 2018	14 profesionales jóvenes Hombres	Entrenamiento, 90min/ 3,2 ± 2,1 °C, HR= 76,7 ± 12,4%	750,3 ± 281	1,47 ± 0,31
	14 profesionales jóvenes Hombres	Entrenamiento, 90 min/ 13,2 ± 6,3 °C HR= 59 ± 14,9 %	586 ± 197,4	1,99 ± 0,55

Min: Minutos,%HR: Humedad relativa.

Comparación del estudio con estudios similares sobre el estado de hidratación de jugadores profesionales de fútbol. Fuente: Hydration science and strategies in football. Sports Science Exchange<sup>18</sup>.

En cuanto a los objetivos secundarios o específicos:

- De las variables medidas en el presente estudio, la única que presentó resultados significativos en cuanto a la influencia del clima en el estado de hidratación, fue la comparación de porcentaje de diferencia de peso que se produce entre enero y mayo. Según esto el ambiente podría estar influyendo sobre el estado de hidratación de los jugadores. Esto concuerda con las evidencias existentes de que los climas calurosos tienen un impacto negativo en el estado de hidratación de los deportistas de manera más importante que en climas fríos<sup>3-5,19,21</sup>.
- El segundo objetivo específico del estudio es verificar la fiabilidad de la Cineantropometría y Bioimpedanciometría como métodos de medición y evaluación del Agua Corporal Total.

Los resultados obtenidos en el análisis estadístico, arrojan una concordancia baja (CCI=0,494) entre los dos instrumentos de medida. Estos resultados son similares a los de Portao *et al.* quienes analizaron

la concordancia de diferentes aparatos BIA con el método cineantropométrico en 2009<sup>18,22,23</sup> y en donde los resultados obtenidos tampoco reflejan concordancia entre los dos métodos.

Además del análisis de concordancia, al observar el resto de resultados obtenidos se puede comprobar que la medición de los pliegues cutáneos resulta más sensible a los cambios en la composición corporal y en el Agua Corporal Total, que la BIA. El método cineantropométrico, aun teniendo en cuenta la dificultad de ponerlo en práctica correctamente (personal adiestrado y equipación correcta) y los inherentes errores técnicos de medición que pueden cometerse, es un método de referencia para la estimación de la composición corporal, y se muestra más sensible a la hora de detectar cambios en la composición corporal del deportista, tal y como se expresa en estudios previos. No obstante, los métodos BIA son una alternativa a tener en cuenta cuando no se dispone de medios, material o personal cualificado para realizar las mediciones de los diferentes parámetros antropométricos, teniendo

en cuenta siempre los errores en la medición que acarrea su uso, así como la utilización siempre bajo las mismas condiciones y utilizando las mismas ecuaciones con el fin de minimizar estos errores<sup>18,22,24</sup>.

La diversidad de resultados obtenidos tanto en la variación de peso, el agua corporal total y la densidad de orina, sugieren la necesidad de individualizar las estrategias de reposición hidroelectrolítica de los jugadores. Teniendo en cuenta las características propias del individuo, así como las externas al deportista: temperatura, humedad relativa, duración del ejercicio, etc.

Según lo anteriormente expuesto se han obtenido las siguientes conclusiones.

## Conclusiones

- Es frecuente un incorrecto estado de hidratación en futbolistas jóvenes profesionales, esto provoca la presencia de diferentes niveles de hipohidratación durante la práctica de su actividad deportiva de 90 minutos de duración.
- El % de variación del peso corporal como medida predictiva del estado de hidratación mostró más sensibilidad a los cambios agudos que la medición del Agua Corporal Total.
- El análisis de la densidad de orina puede ser considerado un método correcto y práctico a la hora de evaluar el estado de hidratación del deportista.
- Los ambientes calurosos influyen de manera negativa en el estado de hidratación.
- Es imprescindible aconsejar y concienciar a los futbolistas sobre las pautas de reposición hidroelectrolítica adecuadas para conseguir al menos un estado de euhidratación durante la práctica deportiva.
- La bioimpedanciometría y la cineantropometría no presentan concordancia entre ellas. Siendo mayor la sensibilidad de la cineantropometría. Por este motivo, estos métodos no son equiparables entre sí.

La aparición de diferentes grados del estado de hidratación en los jugadores en el momento postejercicio, sugiere la necesidad de aconsejar y concienciar a los deportistas sobre el cumplimiento de estrategias de reposición hidroelectrolítica individualizadas, teniendo en cuenta las características propias del individuo, así como las externas a este.

## Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

## Bibliografía

1. Febbraio MA. Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. *Sports Med.* 2011;31(1):47-59.
2. Hargreaves M, Febbraio MA. Limits to exercise performance on the heat. *Int J Sports Med.* 1998;19:115-16.
3. Maughan RJ. Exercise in heat: Limitations to performance and the impact of fluid replacement strategies. Introduction to the symposium. *Can J Appl Physiol.* 1999;24:149-51
4. Sawka MN, Burke LM, Eichler ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:377-90.
5. Sawka MN, Cheuvront S, Kenefick R. Hydration & Aerobic Performance: Impact of Environment. *Sports Sci Exch.* 2015;28:152,1-5.
6. Palacios N, Franco L, Manonelles P, Manuz B, Villegas JA. Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de líquidos. *Arch Med Deporte.* 2008;126:245-58.
7. Monteiro CR, Guerra I, Barros TL. Hydration in soccer: a review. *Rev Bras Med Esporte.* 2003;4:243-6.
8. International Society for the Advancement of Kinanthropometry. International Standards for Anthropometric Assessment. *NLA.* 2001:1-139.
9. Ross WD, Marfell MJ. Kinanthropometry. Physiological testing of elite athlete. MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editors. London. *Human Kinetics.* 1991:223-308
10. Alvero JR, Cabañas MD, Herrero A, Martínez L, Moreno C, Porta J, et al. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. *Arch Med Deporte.* 2010;139:166-79.
11. Cheuvront SN, Sawka MN. Hydration Assessment of Athletes. *Sports Sci Exch.* 2005;18:1-6
12. Phillips SM, Sykes D, Gibson N. Hydration Status and Fluid Balance of Elite European Youth Soccer Players during Consecutive Training Sessions. *J Sports Sci Med.* 2014;13(4):817-22.
13. Oppliger RA, Bartok C. Hydration testing of athletes. *Sports Med.* 2002;32(15):959-71
14. Da Silva AI, Fernandes LC, Fernandez R. Time motion analysis of football (soccer) referees during official matches in relation to the type of fluid consumed. *Braz J Med Biol Res.* 2011;44(8):801-9.
15. Da Silva RP, Mündel T, Natali AJ, Filho MG, Lima JR, Alfenas RC, et al. Pre-game hydration status, sweat loss, and fluid intake in elite Brazilian young male soccer players during competition. *J Sports Sci.* 2012;30(1):37-42.
16. Aragón LF, Moncada J, Hernández J, Barrenechea A, Monge M. Evaluation of pre-game hydration status, heat stress, and fluid balance during professional soccer competition in the heat. *Eur J Sport Sci.* 2009;9:269-76.
17. Duffield R, McCall AJ, Coutts AJ, Peiffer JJ. Hydration, sweat and thermoregulatory responses to professional football training in the heat. *J Sports Sci.* 2012;30(10):957-65.
18. Laitano O, Luiz J, Baker L. Hydration science and strategies in football. *Sports Sci Exch.* 2014;27(128):1-7.
19. Maughan RJ, Merson SJ, Broad NP, Shirreffs SM. Fluid and electrolyte intake and loss in elite soccer players during training. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004;14:333-46.
20. Castro M, Astudillo S, Álvarez C, Zapata R, Zbiden H, Ramírez R, et al. Prevalencia de deshidratación en futbolistas profesionales chilenos antes del entrenamiento. *Nutr Hosp.* 2015;32(1):308-11.
21. Melvin HW, Dawn EA, Eric SR. *Nutrición para la salud, la condición física y el deporte.* Sol S, Editor. 2ª ed. Barcelona: Paidotribo. 2015;9:447-511.
22. Portao J, Bescós R, Vallejo L. El método antropométrico versus diferentes sistemas BIA para la estimación de la grasa corporal en deportistas. *Arch Med Deporte.* 2009;26:187-93.
23. Portao J, Bescós R, Iruñia A, Cacciatori E, Vallejo L. Valoración de la grasa corporal en jóvenes físicamente activos: antropometría vs bioimpedancia. *Nutr Hosp.* 2009;24(5):529-34.
24. Rodríguez EC, Holway F, González JA, Saravia F, Rodríguez A, Berral FJ. Impedancia bioeléctrica como método para estimar cambios en los fluidos corporales en remeros. *Arch Med Deporte.* 2009;26:421-42.

# Fuerza isocinética y test de salto vertical en paracaidistas acrobáticos

Ignacio Martínez González-Moro, Rocío Navalón Alcañiz, María José Paredes Ruiz, José L. Lomas Albaladejo, Vicente Ferrer López

Grupo de Investigación Ejercicio Físico y Rendimiento Humano. Universidad de Murcia.

**Recibido:** 03.01.2018

**Aceptado:** 07.03.2018

## Resumen

**Introducción:** Las rodillas de los paracaidistas pueden sufrir lesiones durante la toma de tierra que se pueden prevenir con una adecuada fuerza muscular. Esta fuerza se puede evaluar de manera directa con dinamómetros isocinéticos y con métodos indirectos mediante el test de salto vertical.

**Objetivo:** El objetivo del estudio fue determinar y analizar, en paracaidistas profesionales, las relaciones entre los valores fuerza isocinética máxima de cuádriceps e isquiosurales con la altura y el tiempo de vuelo en saltos verticales.

**Material y método:** Valoramos a los catorce paracaidistas pertenecientes a la Patrulla Acrobática Paracaidista del Ejército del Aire mediante un dinamómetro isocinético (a 60°/s y 180°/s) tanto para el trabajo concéntrico como excéntrico, obteniéndose los picos máximos de fuerza y las ratios isquiosurales/cuádriceps. Evaluamos, sobre una plataforma de contacto, los siguientes saltos verticales: *Squat Jump*, *Counter Movement Jump* y *Abalakov Jump*.

**Resultados:** Los resultados indican que los picos de fuerza máxima de la musculatura flexo-extensora de la rodilla son mayores en modalidad excéntrica, y en el equipo masculino. Las ratios isquiosurales/cuádriceps muestran un predominio de los primeros. *Abalakov Jump* es el salto donde mayor altura y tiempo de vuelo se consigue. Existe una correlación positiva entre el tiempo de vuelo de todos los saltos y la fuerza concéntrica del cuádriceps. La altura de salto por el peso corporal (Trabajo = Kg x m) se correlaciona con los picos de fuerza concéntrica y excéntrica del cuádriceps. La relación es mayor en la velocidad más alta. La fuerza excéntrica de isquiosurales no se correlaciona con la altura de vuelo, pero sí la fuerza concéntrica.

**Conclusiones:** Podemos concluir que las rodillas de los paracaidistas presentan un predominio en la fuerza de los isquiosurales, lo que se considera positivo para la actividad que realizan ya que contribuye a mejorar la estabilidad de la rodilla y que hay altas correlaciones entre los picos de fuerza isocinético y el trabajo realizado en los saltos verticales.

## Palabras clave:

Dinamometría isocinética.  
Salto vertical. Pico de fuerza.  
Ratio isquiosurales/cuádriceps.  
Paracaidistas.

## Isokinetic strength and vertical jump test in acrobatic skydivers

### Summary

**Introduction:** Knees of the parachutists can suffer injuries during the landing that can be avoided with a correct muscular strength. This strength is possible to be evaluated of direct way with isokinetic dynamometers and indirect methods using the test of vertical jump.

**Objective:** The aim of this study was to determine and analyze, in professional skydivers, the relationship between the values of isokinetic force of quadriceps and hamstrings with height and time of flight in vertical jumps.

**Material and methods:** We studied the fourteen paratroopers belonging to the (patrol acrobatic jumper of the air force) using an isokinetic dynamometer (60°/s and 180°/s) both for concentric work as eccentric, obtaining the peaks maximum of strength and hamstrings/quadriceps ratios. Evaluate, on a platform of contact, the following vertical jumps: *Abalakov Jump* and *Squat Jump*, *Counter Movement Jump*.

**Results:** The results indicate that the peaks of maximum strength of flexor and extensor muscles of the knee are greater in eccentric mode, and the men's team. Hamstrings/quadriceps ratios show a predominance of the first. AJ is the jump where greater height and time of flight is achieved. There is a positive correlation between the flight time of all jumps and concentric quadriceps strength. The height of jump by body weight (Work = Kg x m) correlates with the peaks of concentric and eccentric strength of the quadriceps. The ratio is higher in the higher speed. The eccentric strength of hamstrings does not correlate with the height of flight, but the concentric strength.

**Conclusions:** We can conclude that the knees of the skydivers have a predominance of the hamstrings what is considered positive for the activity carried out, since it helps to improve the stability of the knee and that there are high correlations between the peaks of force isokinetic and the work done in the jumps vertical.

## Key words:

Isokinetic dynamometry.  
Vertical jump. Peak force.  
Hamstrings/quadriceps ratio.  
Skydivers.

**Correspondencia:** Ignacio Martínez González-Moro

E-mail: ignaciomgm@um.es

## Introducción

El paracaidismo es una actividad físico-deportiva susceptible de provocar tanto lesiones agudas<sup>1</sup> como crónicas<sup>2</sup>. Recientes estudios sugieren que las lesiones en los miembros inferiores son la localización más frecuente y suponen un 65% de las mismas<sup>3</sup> y dentro de éstas cabe destacar las de la articulación de la rodilla.

Como en otros deportes las lesiones agudas están causadas por los traumatismos o accidentes deportivos; mientras que las lesiones crónicas, o por sobrecarga, se asocian con diversos factores etiológicos, entre los que se encuentran una anormal alineación anatómica<sup>4</sup>, una disminución de la fuerza de la musculatura de la cadera y muslo<sup>5,6</sup> o una mecánica defectuosa de las extremidades inferiores en el desarrollo de actividades específicas<sup>7</sup>.

La identificación y corrección de los desequilibrios en la fuerza muscular de la extremidad inferior es uno de los componentes clave en la prevención y tratamiento de las lesiones deportivas<sup>8</sup>. Para ello es necesario cuantificar y medir esta fuerza con la ayuda de dinamómetros y protocolos específicos. Como la fuerza muscular generada durante la actividad deportiva no siempre es posible de medir en situaciones reales, estas pruebas son a menudo llevadas a cabo en condiciones controladas de laboratorio<sup>9</sup>. De las distintas manifestaciones de la fuerza, las que más se han utilizado para valorar a los deportistas son la fuerza explosiva y la fuerza isocinética. La fuerza explosiva puede evaluarse mediante test y con aparataje deportivo como es el salto vertical sobre determinadas plataformas<sup>10</sup>, y la fuerza isocinética con dispositivos de valoración funcional como los dinamómetros específicos<sup>11</sup>.

El método isocinético es un sistema de evaluación que utiliza la tecnología informática y robotizada para obtener y procesar en datos cuantitativos la fuerza muscular obteniendo sus valores máximos en todo el rango de movimiento y determinando la posición en la que se obtiene el pico de fuerza<sup>12</sup>, permitiendo medirla tanto en activación concéntrica como excéntrica, y establecer comparaciones<sup>13</sup>. La ventaja sobre otros métodos se refleja en la posibilidad de evaluar objetivamente las prestaciones dinámicas del grupo muscular responsable para el movimiento en una articulación en particular. Su aplicación se enmarca en campos de rehabilitación<sup>14</sup>, entrenamiento muscular<sup>15</sup> y análisis biomecánico<sup>16</sup>.

La fuerza explosiva, como una habilidad motora, es uno de los factores determinantes del éxito en todas las actividades que requieren una alta expresión muscular de fuerza en el menor tiempo posible, jugando un papel esencial en una gran cantidad de disciplinas deportivas relacionadas con los saltos y la propulsión; es por ello que forma parte del entrenamiento de casi todas las modalidades<sup>17</sup>. Una forma muy extendida de cuantificarla es mediante los conocidos test de salto. Los primeros test de salto, y que todavía se utilizan, se realizaban sin plataformas, como era el test como el "Detente vertical"<sup>18</sup> o el "test de Sargent"<sup>19</sup> que permite conocer los beneficios que la acción de los brazos tiene sobre el mismo salto. En la actualidad se usan plataformas de salto y/o fuerza con test basados y adaptados en los sistemas de Bosco como son el test desde sentadillas (*Squat Jump*), con contramovimiento (*Counter Movement Jump*) o con rebote desde la caída de una altura (*Drop Jump*)<sup>20</sup>.

Los test basados en el salto vertical tienen por objeto valorar las características funcionales y neuromusculares de la musculatura exten-

sora de los miembros inferiores a partir de las alturas obtenidas en los distintos test. Estos son test máximos estrictamente estandarizados y se pueden diferenciar una fase excéntrica y otra concéntrica<sup>21,22</sup>. La valoración y entrenamiento de la fuerza mediante saltos verticales da lugar a lo que se conoce como pliometría<sup>23</sup>. Los parámetros biomecánicos de las extremidades inferiores son los factores responsables de la altura del salto, incluyendo el uso de la energía elástica, ciclo de acortamiento, velocidad de la contracción muscular y potencia<sup>24,25</sup>.

La toma de tierra en el paracaidismo de apertura manual y más específicamente en el deportivo se realiza en bipedestación y dando el paracaidista unos pasos, más o menos rápidos, desde el primer contacto hasta su completa detención (Figura 1). Este momento es de especial estrés para la rodilla ya que se une el efecto de las fuerzas de acción (peso del paracaidista) y reacción (contacto contra el suelo), junto con el trote, o carrera, para detener el movimiento sobre una superficie posiblemente irregular y la probable rotación por la tracción del paracaídas sometido a la corriente del viento. Además, en la modalidad de "salto de precisión" el paracaidista debe hacer contacto, con su pie, sobre un punto concreto marcado sobre una colchoneta. Esto le lleva a priorizar la puntería para conseguir la máxima puntuación, sobre la estabilidad, lo que provoca contactos en posiciones inadecuadas y con el consiguiente riesgo de lesión (Figura 2). En ese momento el paracaidista realiza una contracción de cuádriceps para mantener su postura y evitar la caída, esto provoca la extensión de la rodilla y una tendencia al desplazamiento de la tibia sobre el fémur estirando el ligamento cruzado anterior (LCA). La suma de estos elementos supone factores de riesgo para la lesión del LCA que se pueden controlar con un entrenamiento de la propiocepción y de la fuerza muscular, prestando una especial atención al balance muscular entre cuádriceps y musculatura isquiosural<sup>26</sup>.

**Figura 1. Toma de tierra a la carrera.**



**Figura 2. Caída de pie en un salto de precisión.**

La mayoría de las lesiones en el paracaidismo se producen al llegar al suelo<sup>27</sup>, por eso cuantos más saltos más posibilidad de lesiones. Uno de los grupos que más saltos realiza dentro del paracaidismo español es el formado por los integrantes de la Patrulla Acrobática Paracaidista del Ejército del Aire (PAPEA). Sus actividades fundamentales son las exhibiciones acrobáticas y la competición deportiva representando al Ejército del Aire. Por su entrenamiento específico llegan a realizar 4-5 saltos diarios y acumular varios miles de saltos cada deportista. Este importante número de saltos hace que se consideren sus rodillas de alto riesgo para las lesiones, especialmente del ligamento cruzado anterior, por lo que se hace necesario realizar estudios y actividades encaminados a la prevención de estas lesiones<sup>28</sup>.

La publicación de resultados acerca de la valoración de la fuerza de la rodilla mediante diferentes técnicas es cada vez más amplia, y la diversidad de métodos utilizados hace difícil comparar los hallazgos en cuanto a picos de fuerza y su posible aplicación como predictores de habilidades deportivas o motoras<sup>29-31</sup>, por ello consideramos de interés ver las relaciones que existen entre ambas mediciones

Así, nuestro objetivo es determinar y analizar, en los equipos de paracaidistas acrobáticos profesionales, los parámetros de fuerza isocinética de la musculatura flexo-extensora de la rodilla implicados en la prevención de las lesiones y su relación con la altura y tiempo de vuelo en diferentes saltos verticales.

## Material y método

### Participantes

En este estudio fueron analizados la totalidad de los miembros de la PAPEA, nueve varones y cinco mujeres, que componen sus equipos masculino y femenino. Se consideró como criterio de exclusión la presencia de lesión aguda o molestias de miembro inferior que le impida desarrollar la máxima fuerza durante las pruebas. Se contó con el permiso de las autoridades militares y el visto bueno de la Comisión de Ética de la Investigación de la Universidad de Murcia.

### Procedimiento

Nuestro estudio es de tipo descriptivo, transversal y observacional.

A todos los sujetos se les informó sobre los objetivos y el método del estudio y firmaron el correspondiente documento de consentimiento informado. Tras ello aceptado, se llevó a cabo una anamnesis en la que se recogieron antecedentes lesionales, datos personales (edad) y relacionados con la experiencia paracaidista.

El dinamómetro isocinético utilizado ha sido el KIN-COM AP de Chattanooga, con el software facilitado por el fabricante para calcular el pico de fuerza, tanto en contracciones concéntricas como excéntricas. El dinamómetro permite una fuerza máxima de 2000 Newton y una velocidad máxima de 250°/s.

Para la evaluación del salto vertical se utilizó la plataforma de contacto GLOBUS Ergojump. Este aparato funciona como un cronómetro que se activa cuando el deportista, estando con los pies apoyados sobre la plataforma, despega de la superficie de la misma, y se para cuando el sujeto contacta de nuevo con la plataforma. Mide el tiempo de vuelo en el salto y calcula de forma inmediata la altura equivalente del salto.

Previo a la realización de las pruebas se efectuó una medición cuantitativa de talla y el peso, con báscula SECA 813 y tallímetro SECA 213. Tras un calentamiento de cinco minutos en un cicloergómetro, se procedió a la evaluación isocinética siguiendo el protocolo utilizado por nuestro grupo<sup>32</sup>. Una semana más tarde, para evitar el efecto de la fatiga, se realizaron tres saltos detallados en el protocolo de Bosco sobre una plataforma de contacto: *Squat Jump* (SJ), *Counter Movement Jump* (CMJ), y *Abalakov Jump* (AJ).

### Evaluación y variables isocinéticas

Con el sujeto sentado se analizaron ambas extremidades. El orden para realizar la prueba fue aleatorio, según la disposición inicial de la máquina. Los sujetos se fijaron al asiento y al respaldo del sillón de exploración mediante cinchas regulables, el muslo se mantuvo junto al asiento mediante un soporte adecuado. El eje de rotación del brazo del dinamómetro se colocó lateral al epicóndilo externo del fémur y el extremo móvil se fijó a la parte media de la pierna a 22 cm del eje de rotación (Figura 3). Los grupos musculares explorados fueron cuádriceps e isquiosurales mediante movimientos de flexo-extensión de la rodilla, tanto concéntricos como excéntricos. El arco de movimiento fue entre los 80° y los 10° de flexión de rodilla (0° = extensión completa) y se exploró a las velocidades de 60°/s y 180°/s. El tipo de registro empleado es el denominado "overlay" o contracción a contracción. Se consideró como movimiento válido aquel en el que se conseguía una mayor fuerza (con un mínimo de tres intentos máximos) pidiendo esfuerzos submáximos hasta alcanzar el mayor posible, mediante el seguimiento de las curvas fuerza/posición angular.

Las variables isocinéticas se han descrito para el lado dominante (D) y no dominante (ND) tanto de cuádriceps (Q) como isquiosurales (H), la velocidad (60°/s y 180°/s) y los picos de fuerza en modalidad concéntrica (con) y excéntrica (ecc) del miembro evaluado. Se han obtenido los cocientes, o ratios, convencionales al dividir la fuerza concéntrica de los isquiosurales entre la del cuádriceps (Hcon/Qcon) y los funcionales al hacer lo mismo pero para la fuerza excéntrica de los isquiosurales (Hecc/Qcon)<sup>33</sup>.

**Figura 3. Posición para la valoración isocinética.**



### Ejecución y valoración de los saltos verticales

Se realizaron los siguientes saltos: *Squat Jump*, *Counter Movement Jump*, y *Abalakov Jump*. *SJ* consiste en la realización de un salto partiendo de una flexión de rodillas de 90°, evitando un contramovimiento con el fin de que no se acumule energía elástica. El tronco debe estar recto y las manos deben situarse en las caderas durante la ejecución del test. Las piernas durante la fase de vuelo deben estar extendidas, y cuando los pies contactan con la plataforma se debe apoyar en primer lugar la zona del metatarso y posteriormente la parte posterior o el calcáneo. El salto *CMJ* se realiza del mismo modo que *SJ*, pero partiendo el sujeto desde una posición erguida, de modo que durante la fase excéntrica para alcanzar la flexión de 90° de rodilla, la energía elástica potencial se almacena en los elementos elásticos en serie pudiendo ser reutilizada en forma de trabajo mecánico durante la fase concéntrica. El salto denominado *Abalakov Jump* (*AJ*) se lleva a cabo como en el *CMJ*, pero con los miembros superiores libres con el fin de ser utilizados de forma

coordinada y sincronizada con la acción de flexo-extensión de las piernas para conseguir un máximo vuelo.

Para determinar las variables pliométricas se han tenido en cuenta el tiempo (*T*) y la altura de vuelo (*A*) en cada uno de los saltos. Se ha obtenido el trabajo realizado mediante el producto entre el peso del sujeto y la altura alcanzada.

### Análisis estadístico de los datos

Con los datos obtenidos se confeccionó una hoja de Excel en la que cada fila es un sujeto (caso) y cada columna una variable. A partir de aquí se exportaron los datos al paquete estadístico SPSS v.19. Las variables cuantitativas se describieron mediante los valores mínimo y máximo (rango), media, desviación típica y coeficiente de variación. Las variables cualitativas se han descrito mediante las frecuencias absolutas y relativas (porcentajes). Se comprobó la distribución normal de las características iniciales de la muestra mediante la prueba de Saphiro-Wilk y la igualdad de varianzas mediante el test de Levene. La comparación de medias para variables independientes se ha realizado mediante la prueba T-student. La comparación de medias de variables relacionadas se ha hecho mediante el estudio de la T- pareada. La correlación entre variables se ha determinado mediante el test de Pearson. Se ha considerado que existe significación estadística cuando  $p \leq 0,05$ .

### Resultados

La edad media de los participantes es de 34,4 años para el equipo masculino y 35 para el femenino, en la Tabla 1 mostramos las características antropométricas y de experiencia paracaidista separadas por equipos. Se observan diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en todas las variables excepto en la edad.

Los resultados de la valoración isocinética de los picos de fuerza de cuádriceps e isquiosurales se muestran en la Tabla 2, en modalidad concéntrica y excéntrica, a las velocidades de 60°/s y 180°/s separados por sexo. Cabe destacar que la fuerza en modalidad excéntrica supera a la concéntrica, para las dos velocidades evaluadas, y para ambos equipos. En todos los pares de fuerza existe una diferencia significativa entre hombres y mujeres ( $p \leq 0,05$ ), siendo mayores las cifras en el equipo masculino. No se aprecian diferencias bilaterales. Las ratios entre

**Tabla 1. Variables antropométricas y experiencia paracaidista de cada equipo.**

	Equipo Masculino (n=9)		Equipo Femenino (n=5)	
	$\bar{X} \pm \sigma$	Mín - Máx	$\bar{X} \pm \sigma$	Mín - Máx
Edad (años)	34,44 ± 4,36	29-41	35 ± 2,64	32-39
Talla (cm)	173,6 ± 6,73	162,5-182	158,3 ± 6,135	152,4-168,5
Peso (Kg)	77,18 ± 7,45	65-87	55,8 ± 5,917	48,6-64,7
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	25,61 ± 1,93	23,3-28,4	22,24 ± 1,702	19,3-23,7
Porcentaje grasa	20,48 ± 3,92	14-26,2	27,18 ± 2,40	24,5-30,3
Años PAPEA	8,55 ± 5,59	3-20	5,6 ± 2,88	2-8
Nº saltos	3944 ± 2781	1200-10000	2060 ± 1212	600-3200

$\bar{X} \pm \sigma$ : Media y desviación típica; Min: mínimo; Máx: Máximo.

Tabla 2. Comparación de los Picos de Fuerza isocinética (Newtons) de cuádriceps e isquiosurales y ratios convencional y funcionales entre equipos y lados.

Velocidad	Equipo	Lado Dominante		Lado No dominante		P
		$\bar{X} \pm \sigma$	p	$\bar{X} \pm \sigma$	p	
Q 60°/s con	Masculino	763,22 ± 135,91	0,002**	760,77 ± 159,28	0,003**	0,965
	Femenino	501,2 ± 105,19		478,33 ± 181,58		0,215
Q 60°/s ecc	Masculino	1232,77 ± 245,28	0,009**	1048,44 ± 167,6	0,02*	0,035*
	Femenino	862,8 ± 141,27		804,66 ± 276,92		0,280
Q 180°/s con	Masculino	616,88 ± 89,61	0,0001***	592,22 ± 159,78	0,018*	0,601
	Femenino	364,2 ± 66,61		396,66 ± 57,36		0,866
Q 180°/s ecc	Masculino	1186,66 ± 203,04	0,026*	1273,33 ± 177,85	0,003**	0,194
	Femenino	885,8 ± 185,53		862 ± 267,3		0,358
H 60°/s con	Masculino	604,33 ± 124,27	0,001**	589,22 ± 116,06	0,033*	0,653
	Femenino	392 ± 35,34		423 ± 90,94		0,375
H 60°/s ecc	Masculino	741,44 ± 146,81	0,002**	802,22 ± 141,26	0,020*	0,281
	Femenino	520,2 ± 63,2		566 ± 123,66		0,343
H 180°/s con	Masculino	536 ± 128,61	0,015*	540,66 ± 48,07	0,001**	0,914
	Femenino	353 ± 83,67		427,33 ± 44,63		0,442
H 180°/s ecc	Masculino	735,87 ± 165,16	0,004**	799 ± 115,58	0,008**	0,105
	Femenino	494,2 ± 28,14		587,33 ± 145,52		0,376
60°/s Hcon/Qcon	Masculino	0,80 ± 0,16	0,956	0,78 ± 0,09	0,136	0,729
	Femenino	0,81 ± 0,19		0,96 ± 0,18		0,052
180°/s Hcon/Qcon	Masculino	0,88 ± 0,21	0,420	0,97 ± 0,27	0,508	0,375
	Femenino	0,98 ± 0,25		1,06 ± 0,05		0,272
60°/s Hecc/Qcon	Masculino	0,98 ± 0,17	0,441	1,09 ± 0,26	0,196	0,182
	Femenino	1,07 ± 0,28		1,31 ± 0,25		0,088
180°/s Hecc/Qcon	Masculino	1,17 ± 0,28	0,189	1,45 ± 0,23	0,863	0,089
	Femenino	1,38 ± 0,24		1,50 ± 0,16		0,306

Q = Cuádriceps; H = Isquiosurales. con = Concéntrico; ecc Excéntrico;  $\bar{X}$ : Desviación media;  $\sigma$ : Desviación típica; Máximo. Significación estadística: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

isquiosurales y cuádriceps muestran un predominio de los primeros con valores de ratios convencionales superiores 0,80 y de ratios funcionales mayores de 1.

En la Tabla 3 mostramos los valores medios de tiempo y altura de vuelo en las tres modalidades de salto separados por sexo. En todos los saltos podemos observar valores ligeramente superiores en el equipo masculino, aunque sólo hallamos diferencias significativas en SJ. Como era previsible AJ es el salto en el que mayor altura y tiempo de vuelo se consigue en ambos equipos.

Para analizar la relación entre los tiempos de vuelo en cada salto y los picos de fuerza se han sumado los valores de ambos lados y la resultante se ha correlacionado con los segundos de vuelo. Así sólo se obtiene una correlación positiva y significativa del cuádriceps a 180°/s con el tiempo de vuelo de los varones en los tres saltos: SJ  $r=0,738$  ( $p=0,023$ ); CMJ  $r=0,873$  ( $p=0,002$ ) y AJ  $r=0,910$  ( $p=0,001$ ). Al analizar a la población en conjunto observamos que existe una correlación positiva entre el tiempo de vuelo de todos los saltos y la fuerza concéntrica del cuádriceps, siendo más significativa a 180°/s. Al correlacionar la altura

de salto por el peso corporal (Trabajo = Kg x m) con los picos de fuerza se obtiene que hay una correlación positiva con los picos de fuerza concéntrica y excéntrica del cuádriceps, siendo también superior en la velocidad más elevada. Los picos de fuerza de los isquiosurales se relacionan positivamente en su forma concéntrica con los tres saltos, pero no en su forma excéntrica (Tabla 4).

## Discusión

Hemos valorado la fuerza isocinética de cuádriceps e isquiosurales, de forma concéntrica y excéntrica, de la totalidad de los integrantes de la PAPEA. Son un grupo de paracaidistas de elite internacional, a los que también se les ha cuantificado la fuerza y potencia de salto vertical mediante tres test. No existen trabajos que describan estos tipos de fuerza en paracaidistas y pocos los que relacionan ambas modalidades en otros tipos deportistas. En 2002, Tsionakos *et al*<sup>34</sup>, lo hicieron en jóvenes estudiantes de educación física, al igual que nosotros, encontraron una

**Tabla 3. Tiempo (s) y altura de vuelo (m), por equipos, en los saltos verticales.**

	Equipo Masculino			Equipo Femenino			p
	$\bar{X} \pm \sigma$	cv	Mín - Máx	$\bar{X} \pm \sigma$	cv	Mín - Máx	
SJ (s)	0,5 ± 0,05	9,79	0,45-0,5	0,44 ± 0,03	7,62	0,39-0,48	0,041*
SJ (m)	0,31 ± 0,06	20,04	0,25-0,31	0,24 ± 0,04	15,16	0,19-0,29	0,048*
CMJ (s)	0,52 ± 0,04	8,28	0,45-0,52	0,47 ± 0,04	8,19	0,41-0,51	0,051
CMJ (m)	0,33 ± 0,05	16,46	0,25-0,33	0,28 ± 0,05	16,95	0,21-0,32	0,103
Abalakov (s)	0,57 ± 0,06	10,01	0,48-0,57	0,52 ± 0,03	6,63	0,48-0,57	0,132
Abalakov (m)	0,4 ± 0,08	20,06	0,29-0,4	0,34 ± 0,04	13,22	0,28-0,4	0,138

$\bar{X}$ : Desviación media;  $\sigma$ : Desviación típica; cv: Coeficiente variación; Mín: Mínimo; Máx: Máximo; SJ: Squat Jump; CMJ: Counter Movement Jump; Significación estadística: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$

**Tabla 4. Correlación de Pearson y significación (p) entre el tiempo de vuelo (s) y el trabajo realizado en los saltos verticales (Kg x m) con los picos de fuerza de cuádriceps e isquiosurales a ambas velocidades.**

60°/s	Cuádriceps		Isquiosurales	
	concéntrico	excéntrico	concéntrico	excéntrico
SJ (s)	0,568 (0,034)*	0,557 (0,038)*	0,418 (0,155)	0,301 (0,318)
SJ (Kg x m)	0,731 (0,006)**	0,689 (0,006)	0,576 (0,039)*	0,499 (0,083)
CMJ (s)	0,611 (0,020)*	0,470 (0,090)	0,428 (0,144)	0,289 (0,338)
CMJ (Kg x m)	0,786 (0,001)**	0,658 (0,011)	0,597 (0,031)*	0,518 (0,070)
AJ (s)	0,616 (0,019)*	0,478 (0,084)	0,500 (0,082)	0,352 (0,238)
AJ (Kg x m)	0,767 (0,001)**	0,660 (0,010)	0,633 (0,020)*	0,545 (0,054)
<b>180°/s</b>				
SJ (s)	0,781 (0,002)**	0,541 (0,056)	0,513 (0,073)	0,361 (0,225)
SJ (Kg x m)	0,912 (0,000)**	0,717 (0,006)**	0,684 (0,010)*	0,474 (0,102)
CMJ (s)	0,774 (0,002)**	0,487 (0,092)	0,462 (0,112)	0,233 (0,444)
CMJ (Kg x m)	0,920 (0,000)**	0,737 (0,004)**	0,684 (0,010)*	0,436 (0,137)
AJ (s)	0,835 (0,000)**	0,636 (0,020)*	0,462 (0,112)	0,318 (0,289)
AJ (Kg x m)	0,944 (0,000)**	0,774 (0,002)**	0,682 (0,010)*	0,465 (0,109)

Significación estadística: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$

buena relación entre la fuerza isocinética del cuádriceps y la obtenida con los test de salto, especialmente cuando se calcula en función del peso corporal (trabajo). Ellos solo usaron valores concéntricos y nosotros la encontramos también con la modalidad excéntrica. Esta relación también ha sido descrita en jóvenes futbolistas por Lehnert *et al*<sup>13</sup> pero indicando que difiere a lo largo de la temporada y siendo superior en velocidades más altas.

La edad media de nuestra población es superior a la de la mayoría de los trabajos publicados en deportistas, que oscilan entre 16 años<sup>13</sup> y 27 años<sup>35</sup>, esto se debe a que el paracaidismo es un deporte que empieza a practicarse tras la mayoría de edad y no existen categorías juveniles. Al pertenecer los equipos femenino y masculino a la misma unidad militar y estar sometidos al mismo régimen de entrenamientos permite comparar los efectos del entrenamiento y adoptar unos mismos principios de preparación física.

La fuerza isocinética se ha medido en ambas extremidades buscando diferencias o asimetrías, nosotros no las hemos encontrado ni en el equipo masculino ni en el femenino; González-Ravé *et al*<sup>35</sup>, en jugadores de balonmano tampoco vieron diferencias significativas entre lado dominante y no dominante mientras que Menzel *et al*<sup>36</sup> sí que las des-

criben. Aunque la mayoría de los autores prefiere usar como magnitud física para evaluar la fuerza isocinética el "momento", o su denominación inglesa torque, hemos preferido usar la "fuerza" ya que hemos usado una distancia constante entre el punto de aplicación de la fuerza y el eje de la articulación por lo que al calcular las ratios y las diferencias este factor no influye y lo que realmente hace diferentes a los músculos es la fuerza que realizan, independientemente de dónde se ejecute.

Siguiendo a Alemdaroğlu<sup>37</sup>, hemos utilizado dos velocidades para la valoración isocinética, 60°/s y 180°/s, y un test de salto para la potencia anaeróbica, encontrando que los valores de fuerza en la velocidad alta son menores que en la baja, aunque para este autor no hay relación con la altura de salto, nosotros sí la hemos encontrado.

Hemos comprobado, al igual que otros autores, que la fuerza excéntrica supera a la concéntrica en todos los casos y al incluir su determinación en la valoración de la rodilla permite obtener información útil para entender su desarrollo y función<sup>38</sup> y poder calcular las ratios funcionales<sup>33</sup>, es decir la relación entre la máxima fuerza concéntrica del cuádriceps para mantener la postura bípeda y la de lo isquiosurales en excéntrico para frenar el movimiento de hiperextensión y el desplazamiento anterior de la tibia.

Mediante las ratios isquiosurales/cuádriceps observamos que existe un predominio de los isquiosurales sobre el cuádriceps, lo que indica que las rodillas, y en especial el ligamento cruzado anterior (LCA), se encuentran protegidas al prevalecer la acción agonista de esta musculatura con el LCA<sup>33</sup> sobre la actividad del cuádriceps y evitar la distensión del LCA con el desplazamiento brusco de la tibia sobre el fémur en las tomas de tierra y su posible rotura. El estudio particular, a cada paracaidista, de estas ratios permite personalizar su preparación física enfocándola a la prevención de las lesiones debidas a las tomas de tierra y al factor predisponente del desbalance muscular<sup>39</sup>. Unos isquiosurales potentes en excéntrico contribuyen a frenar este desplazamiento y a proteger al ligamento<sup>26</sup>.

La evaluación del salto vertical, la hemos llevado a cabo sólo de forma bilateral, al contrario que Laudner *et al*<sup>40</sup> que además lo hicieron de forma unilateral, por eso hemos sumado la fuerza isocinética de ambas extremidades para correlacionarla con las alturas de vuelo. Según la literatura, los saltos más utilizados para llevar a cabo la valoración pliométrica y establecer una posterior correlación con la medición isocinética son el CMJ<sup>36,40,41</sup> y SJ<sup>34,36,37</sup>. De todos los trabajos consultados, sólo hallamos uno que haya utilizado *Abalakov Jump* como en el nuestro, que lo utiliza junto a CMJ<sup>35</sup>. No hemos encontrado ningún estudio en el que se comparen los tres saltos con la medición isocinética. Nosotros pensamos que es interesante el análisis de los tres para comprobar la influencia de la acumulación de energía elástica durante el salto, así como la colaboración del tren superior, ya que son factores determinantes en la mayoría de los gestos deportivos. Otros autores usan el test *Drop Jump* desde diversas alturas que permite actuar a la musculatura en función del ciclo acortamiento-estiramiento<sup>41</sup>.

En nuestro trabajo se ha valorado y comparado tanto el trabajo concéntrico como el excéntrico, y su relación con el salto vertical, a diferencia de la mayoría de autores consultados que sólo han relacionado el salto vertical con la fuerza concéntrica<sup>35-37</sup> o con la isométrica<sup>42</sup>. Siguiendo el concepto de Bosco<sup>20</sup>, creemos que es más interesante hacerlo también en excéntrico porque mediante el reflejo activado por la fase excéntrica se obtiene una inervación reforzada que puede reforzar las características elásticas del sistema músculo tendinoso y conducir a una activación más importante de la fase concéntrica, pudiendo generar mayores niveles de fuerza que una contracción concéntrica aislada<sup>43</sup>. Además es la fuerza excéntrica de los isquiosurales la que se tiene en cuenta para calcular la ratio funcional relacionada con el equilibrio de la rodilla y la protección del LCA<sup>33</sup>.

Las medias de pico de fuerza más elevadas se han obtenido durante el trabajo excéntrico en ambos equipos. Como era previsible, nuestros datos evidencian que los varones generan más fuerza isocinética que las mujeres en cualquiera de sus modalidades, hecho repetidamente analizado con semejantes resultados en trabajos previos<sup>36,40,44</sup>. Por el contrario el único test de salto en el que los varones saltan más que las mujeres son en el SJ, en los otros dos no hay diferencias significativas. Esto puede deberse a que al tener que vencer la resistencia que ofrece el peso corporal este relativiza la fuerza ejercida por las extremidades. Al analizar el trabajo y multiplicar la altura por el peso, reaparecen las diferencias entre hombres y mujeres.

Hemos encontrado correlaciones más altas en el trabajo excéntrico a 180°/s que a 60°/s. Estas correlaciones son más evidentes entre

la fuerza isocinética excéntrica del cuádriceps y el trabajo realizado en el salto vertical que con la altura de vuelo. Wilhelm *et al*<sup>41</sup> refieren una correlación de altura en el CMJ con la fuerza del cuádriceps de  $r=0.513$ ,  $p<0,001$ , similar a la nuestra ( $r=0,659$ ,  $p=0,010$ ).

Todas las modalidades de salto analizadas mantienen una correlación elevada con el pico de fuerza del cuádriceps. La relación más alta que encontramos es entre la fuerza concéntrica a la velocidad de 180°/s y el trabajo de CMJ y AJ ( $r>0,9$   $p<0,001$ ). Estos datos coinciden con los de Lehnert, *et al*<sup>13</sup>, que además indican que la máxima relación se establece a velocidades angulares más altas, más concretamente a 180°/s para el CMJ y a 180°/s y a 360°/s para AJ. Estas dos modalidades de salto también fueron relacionadas con la fuerza isocinética por Alemardoğlu<sup>37</sup>, que halló una correlación significativa con las mismas velocidades angulares que en nuestro trabajo.

En cuanto al trabajo de la musculatura isquiosural, nuestros datos reflejan una relación entre el pico de fuerza en concéntrico y los tres saltos, pero expresado en forma de trabajo (altura conseguida por el peso corporal) y no al analizar únicamente el tiempo de vuelo, la correlación también es mayor con la velocidad isocinética más alta. En los saltos verticales la actividad de la musculatura isquiosural la podemos considerar como secundaria, ya que la acción principal recae en el cuádriceps. La presencia de estas correlaciones refleja la importancia del trabajo preventivo de los flexores de la rodilla para mantener el balance muscular de la rodilla y contribuir a la protección del ligamento cruzado anterior.

La relación entre ambos tipos de test se considera útil para valorar la fuerza y la capacidad funcional en sujetos intervenidos de lesiones del ligamento cruzado anterior<sup>40</sup> y puede servir para el seguimiento de su rehabilitación, nosotros apuntamos que ello puede ser más útil si se cuenta con valores previos a la lesión que muestren la presencia de asimetrías entre músculos antagonistas y entre lados.

Globalmente los datos de nuestra población coinciden con los referenciados al señalar que los picos de fuerza máxima de la musculatura de la rodilla presentan valores más altos en modalidad excéntrica que en concéntrica en ambos grupos musculares, y son mayores en el equipo masculino. La influencia de la participación del tren superior y la energía elástica acumulada influyen en la altura y tiempo conseguidos en los diferentes saltos de una forma significativa. También podemos afirmar que la correlación entre las características de la fuerza isocinética sobre la rodilla con el rendimiento del salto vertical es más alta entre el pico de fuerza de los extensores durante el trabajo concéntrico a mayor velocidad.

Por otro lado, no se ha objetivado una relación significativa entre ninguno de los parámetros correspondientes a los test de salto vertical con la fuerza excéntrica de los isquiosurales, en ningún equipo ni velocidad. Por ello los test de salto no pueden sustituir a la valoración isocinética en la determinación de factores de riesgo para la producción de lesiones del LCA, aunque sí que sirven para evidenciar la fuerza del cuádriceps de los paracaidistas.

Por todo lo anterior concluimos que las rodillas de los paracaidistas presentan un predominio en la fuerza de los isquiosurales lo que se considera positivo para la actividad que realizan ya que mejoran la estabilidad de la rodilla y pueden contribuir en la prevención de las lesiones del LCA. La fuerza isocinética, en excéntrico, de los isquiosurales

no mantiene una correlación con el trabajo realizado en los saltos verticales, mientras que las fuerzas concéntrica y excéntrica del cuádriceps y la concéntrica de los isquiosurales sí la tiene.

## Agradecimientos

A la Patrulla Acrobática Paracaidista del Ejército del Aire.

## Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

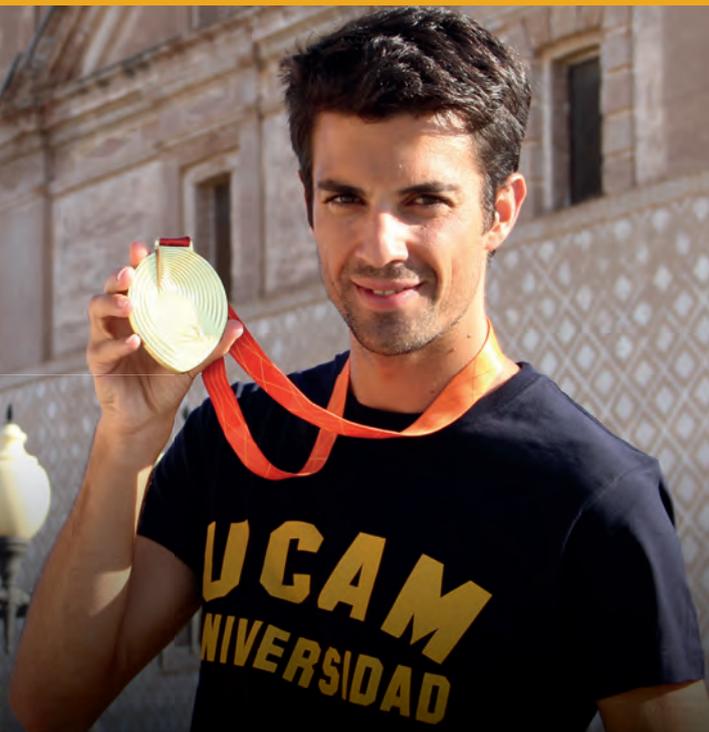
## Bibliografía

- Bourghli A, Fabre A. Proximal end clavicle fracture from a parachute jumping injury. *Orthop Traumatol Sur Res.* 2012;98(2):238-41.
- Bricknell MCM, Craig SC. Military parachuting injuries: a literature review. *Occ Med.* 1999;49(1):17-26.
- Ball VL, Sutton JA, Hull A, Sinnott BA. Traumatic injury patterns associated with static line parachuting. *Wild Environ Med.* 2014;25(1):89-93.
- Petersen W, Ellermann A, Gösele-Koppenburg A, Best R, Rembitzki IV, Brüggemann, et al. Patellofemoral pain syndrome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(10):2264-74.
- Papadopoulos K, Stasinopoulos D, Ganchev D. A systematic review of reviews in patellofemoral pain syndrome. Exploring the risk factors, diagnostic tests, outcome measurements and exercise treatment. *The Open Sports Medicine Journal.* 2015; 9:7-17.
- Miao P, Xu Y, Pan C, Liu H, Wang C. Vastus medialis oblique and vastus lateralis activity during a double-leg semisquat with or without hip adduction in patients with patellofemoral pain syndrome. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2015;16(1):289-96.
- Pietraszewski B, Struzik A. Evaluation of selected biomechanical parameters in female team sports players. *Acta Bioeng Biomech.* 2013;15(4):103-8.
- Cheung R, Smith A, Wong D. H:Q ratios and bilateral leg strength in college field and court sports players. *J Hum Kinet.* 2012;33:63-71.
- Kovačević E, Abazović E, Bradić J, Vrcić M. The predictive value of isokinetic assessment on the explosive strength of the lower extremities. *Homo Sporticus.* 2012;14(1):49-55.
- Nikolaidis PT, Alfonso J, Clemente-Suarez VJ, Alvarado JRP, Driss T, Knechtel B, et al. Vertical Jumping Tests versus Wingate Anaerobic Test in Female Volleyball Players: The Role of Age. *Sports.* 2016;4(9):1-7.
- Dalamitros A, Manou V, Christoulas K, Kellis S. Knee Muscles Isokinetic Evaluation after a Six-Month Regular Combined Swim and Dry-Land Strength Training Period in Adolescent Competitive Swimmers. *J Hum Kinet.* 2015;49(1):195-200.
- Huesa Jiménez F, García Díaz J, Vargas Montes J. Dinamometría isocinética. *Rehabilitación.* 2005;39(6):288-96.
- Lehnert M, Svoboda Z, Cuberek R. The correlation between isokinetic strength of knee extensors and vertical jump performance in adolescent soccer players in an annual training cycle. *Acta Univ Palacki Olomuc Gymn.* 2013;43(1):7-15.
- Koutras G, Bernard M, Terzidis IP, Papadopoulos P, Georgoulis A, Pappas E. Comparison of knee flexion isokinetic deficits between seated and prone positions after ACL reconstruction with hamstrings graft: Implications for rehabilitation and return to sports decisions. *J Sci Med Sport.* 2016;19:559-62.
- Śliwowski R, Jadczyk L, Hejna R, Wiecek A. The effects of individualized resistance strength programs on knee muscular imbalances in junior elite soccer players. *PLoS ONE.* 2015;10(12): e0144021.
- Tudisco C, Bisicchia S, Cosentino A, Chiozzi F, Piva M. Knee stability, athletic performance and sport-specific tasks in non-professional soccer players after ACL reconstruction: comparing trans-tibial and antero-medial portal techniques. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2015;5(3):175-80.
- Lockie RG, Schultz AB, Jeffriess MD, Callaghan SJ. The relationship between bilateral differences of knee flexor and extensor isokinetic strength and multi-directional speed. *Isokinet Exerc Sci.* 2012;20(3):211-9.
- Martínez López EJ. *Pruebas de aptitud física.* Barcelona. Paidotribo; 2002. p.133-8.
- Costa Mendes de Salles PG, Vieira do Amaral Vasconcellos F, Costa Mendes de Salles GF, Tavares Fonseca R, Martin Dantas EH. Validity and Reproducibility of the Sargent Jump Test in the Assessment of Explosive Strength in Soccer Players. *J Hum Kinet.* 2012; 33:115-21.
- Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. *Eur J Appl Physiol.* 1983;50:273-82.
- Sánchez-Sixto A, Flórida P. Efecto del entrenamiento combinado de fuerza y pliometría en variables biomecánicas del salto vertical en jugadoras de baloncesto. 2017, *Retos.* 2017;31:114-7.
- Jurado-Lavanant A, Fernández-García J, Pareja-Blanco F, Alvero-Cruz J. Efectos del entrenamiento pliométrico acuático vs. seco sobre el salto vertical. *Rev Int Med Cien Ac.* 2007;17(65):73-84.
- Behrens M, Mau-Moeller A, Mueller C, Heisea S, Gubea M, Beuster N, et al. Plyometric training improves voluntary activation and strength during isometric, concentric and eccentric contractions. *J Sci Med Sport.* 2016;19:170-6.
- Bosco C. *La fuerza muscular: aspectos metodológicos.* Barcelona. Inde. 2000. P. 95-116.
- Kim D, Hong J. Hamstring to quadriceps strength ratio and noncontact leg injuries: A prospective study during one season. *Isokin Exerc Sci.* 2011;19(1):1-6.
- Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, et al. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138: 51-61.
- Westman A Björnstig U. Injuries in Swedish skydiving. *Br J Sports Med.* 2007; 41(6):356-64.
- Knapik JJ, Steelman R, Grier T, Graham B, Hoedebecke K, Rankin S, et al. Military parachuting injuries, associated events, and injury risk factors. *Aviat Space Environ Med.* 2011; 82:797-804.
- Rice DA, McNair PJ, Lewis GN, Mannion J. Experimental knee pain impairs submaximal force steadiness in isometric, eccentric, and concentric muscle actions. *Arthritis Res Ther.* 2015;17(1):259-64.
- Skinner NE, Zelik KE, Kuo AD. Subjective valuation of cushioning in a human drop landing task as quantified by trade-offs in mechanical work. *J Biomech.* 2015; 48(10):1887-92.
- Iossifidou A, Baltzopoulos V, Giakas G. Isokinetic knee extension and vertical jumping: are they related? *J Sports Sci.* 2005;23(10):1121-7.
- Martínez-González-Moro I, Santonja-Medina F, Canteras-Jordana M. Fiabilidad de las valoraciones isocinéticas del cuádriceps e isquiosurales a diferentes velocidades. *Selección.* 2000; 9(1):17-23.
- Andrade MDS, De Lira CAB, Koffes FDC, Mascarin NC, Benedito-Silva AA, Da Silva AC. Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: The influence of sport modality, gender, and angular velocity. *J Sports Sci.* 2012;30:547-53.
- Tsiokanos A, Kellis E, Jamurtas A, Kellis S. The relationship between jumping performance and isokinetic strength of hip and knee extensors and ankle plantar flexors. *Isokin Exerc Sci.* 2002;10(2):107-15.
- González-Ravé JM, Juárez D, Rubio-Arias JA, Clemente-Suarez VJ, Martínez-Valencia, MA, Abian-Vicén J. Isokinetic leg strength and power in elite handball players. *J Hum Kinet.* 2014; 41(1):227-33.
- Menzel HJ, Chagas MH, Szmuchowski LA, Araujo SR, de Andrade AG, de Jesus-Moraleida FR. Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(5):1370-7.
- Alemardoğlu U. The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *J Hum Kinet.* 2012;31:149-58.
- Xaverova Z, Dirnberger J, Lehnert M, Belka J, Wagner H, Orechovska K. Isokinetic strength profile of elite female handball players. *J Hum Kinet.* 2015;9(1):257-66.
- Ruas CV, Minozzo F, Pinto MD, Brown LE, Pinto RS. Lower-extremity strength ratios of professional soccer players according to field position. *J Strength Cond Res.* 2015;29: 1220-6.
- Laudner K, Evans D, Wong R, Allen A, Kirsch T, Long B, et al. Relationship between isokinetic knee strength and jump characteristics following anterior cruciate ligament reconstruction. *Int J Sports Phys Ther.* 2015;10(3):272-80.
- Wilhelm EN, Radaelli R, da Silva BG, Botton, CE, Barbosa R, Bottaro M, et al. Single-joint isometric rate of torque development is not related to counter-movement jump performance in soccer players. *Isokin Exerc Sci.* 2013;21(3):181-6.
- Gantiraga E, Katartzis E, Komsis G, Papadopoulos C. Strength and vertical jumping performance characteristics in school-aged boys and girls. *Biol Sport.* 2006;23(4):367-78.
- Fukutani A, Misaki J, Isaka T. Effect of preactivation on torque enhancement by the stretch-shortening cycle in knee extensors. *PLoS one.* 2016;11(7), e0159058.
- Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *J Ath Train.* 2001; 36(4):378-83.

## Espíritu **UCAM** Espíritu Universitario

### **Miguel Ángel López**

Campeón del Mundo en 20 km. marcha (Pekín, 2015)  
Estudiante y deportista de la UCAM



- **Actividad Física Terapéutica** <sup>(2)</sup>
- **Alto Rendimiento Deportivo:**
  - **Fuerza y Acondicionamiento Físico** <sup>(2)</sup>
- **Performance Sport:**
  - **Strength and Conditioning** <sup>(1)</sup>
- **Audiología** <sup>(2)</sup>
- **Balneoterapia e Hidroterapia** <sup>(1)</sup>
- **Desarrollos Avanzados de Oncología Personalizada Multidisciplinar** <sup>(1)</sup>
- **Enfermería de Salud Laboral** <sup>(2)</sup>
- **Enfermería de Urgencias, Emergencias y Cuidados Especiales** <sup>(1)</sup>
- **Fisioterapia en el Deporte** <sup>(1)</sup>
- **Geriatría y Gerontología:**
  - **Atención a la dependencia** <sup>(2)</sup>
- **Gestión y Planificación de Servicios Sanitarios** <sup>(2)</sup>
- **Gestión Integral del Riesgo Cardiovascular** <sup>(2)</sup>
- **Ingeniería Biomédica** <sup>(1)</sup>
- **Investigación en Ciencias Sociosanitarias** <sup>(2)</sup>
- **Investigación en Educación Física y Salud** <sup>(2)</sup>
- **Neuro-Rehabilitación** <sup>(1)</sup>
- **Nutrición Clínica** <sup>(1)</sup>
- **Nutrición y Seguridad Alimentaria** <sup>(2)</sup>
- **Nutrición en la Actividad Física y Deporte** <sup>(1)</sup>
- **Osteopatía y Terapia Manual** <sup>(2)</sup>
- **Patología Molecular Humana** <sup>(2)</sup>
- **Psicología General Sanitaria** <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Presencial    <sup>(2)</sup> Semipresencial

# Las tareas de contracción muscular isométricas o de movimientos repetitivos para evaluar los efectos de la fatiga. Una revisión sistemática

Diego Peinado Palomino<sup>1</sup>, Marta Torres Pareja<sup>1</sup>, Laura Mordillo Mateos<sup>2</sup>, Nuria Mendoza Láiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Castilla-La Mancha. Toledo. <sup>2</sup>Grupo de investigación FENNSI del Hospital Nacional de Paraplégicos. Toledo.

**Recibido:** 19.02.2018  
**Aceptado:** 30.05.2018

## Resumen

La fatiga es definida como un fenómeno relacionado con el tiempo de disminución de la capacidad máxima de generación de fuerza, expresándose, como un deterioro en la contracción máxima voluntaria (CMV). La aparición de la fatiga en el músculo esquelético durante un esfuerzo ha sido de interés para los fisiólogos, especialmente porque la fatiga es un factor limitante, tanto en el rendimiento deportivo como en la realización de cualquier tarea. El objetivo del artículo es analizar la literatura y proporcionar una revisión sistemática sobre la fatiga inducida por tareas de contracción muscular, provocadas por contracciones isométricas o mediante tapping de dedos. Para ello se realizó una investigación basada en la metodología PRISMA (Artículos de informes preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis). Llevando a cabo una búsqueda de artículos en las bases de datos PubMed, Medline, Science Direct y Google Scholar, entre los meses de junio y noviembre de 2017 con fecha posterior al año 2000. De los 315 estudios identificados inicialmente, sólo 12 cumplieron con los criterios de selección establecidos. La variabilidad metodológica de los distintos estudios permite observar como a través de las tareas de tapping (movimientos repetitivos de dedos), o mediante tareas de contracción isométrica se pueden determinar los distintos parámetros de la fatiga que se evalúan en cada estudio, siendo un instrumento muy utilizado para abordar dicho tema. La fatiga muscular se ha estudiado predominantemente cuando es inducida por tareas isométricas, habiendo un mayor número de investigaciones que utilizan este tipo de metodología, ya que, aunque el tapping de dedos sea un procedimiento fiable para evaluar los mecanismos neurofisiológicos subyacentes de la fatiga, apenas se ha explorado.

## Palabras clave:

Contracción isométrica. Tapping de dedos. Fatiga. Fuerza contráctil.

## The isometric muscle contraction tasks or repetitive movements to evaluate the effects of fatigue. A systematic review

### Summary

Fatigue has been defined as a phenomenon related to the time of decrease of the maximum capacity of generation of force, expressing itself, generally, as a deterioration in the maximum voluntary contraction (CMV). The appearance of fatigue in skeletal muscle during an effort has long been of interest to physiologists, especially because fatigue is a limiting factor in athletic performance or in the performance of any task. The aim of the article is to analyze the literature and provide a systematic review on fatigue induced by muscle contraction tasks, caused by isometric contractions or by finger tapping. To this end, an investigation was carried out based on the PRISMA methodology (Articles of preferred reports for systematic reviews and meta-analyses). Conducting a search of articles in the PubMed, Medline, Science Direct and Google Scholar databases, between the months of June and November of 2017 after the year 2000. Of the 315 studies initially identified, only 12 complied with the established selection criteria. The methodological variability of the different studies allows to observe how through the tapping tasks (repetitive movements of fingers), or through isometric contraction tasks, it is possible to determine the different parameters of fatigue that are evaluated in each study, being a very used to address that topic. Muscle fatigue has been predominantly studied when induced by isometric tasks, with a greater number of investigations using this type of methodology, since, although finger tapping is a reliable procedure to evaluate the underlying neurophysiological mechanisms of fatigue, it has been explored.

## Key words:

Isometric contraction. Finger tapping. Fatigue. Contractile force.

**Correspondencia:** Diego Peinado Palomino  
E-mail: diego\_peinado2@hotmail.com

## Introducción

La aparición de la fatiga del músculo esquelético durante un esfuerzo ha sido durante mucho tiempo de interés para los fisiólogos, especialmente porque la fatiga es un factor limitante en el rendimiento deportivo o en la realización de cualquier tarea<sup>1</sup>. La fatiga ha sido definida como un fenómeno relacionado con el tiempo de disminución de la capacidad máxima de generación de fuerza<sup>2</sup>, expresándose, por lo general, como un deterioro en la contracción máxima voluntaria (CMV). De acuerdo con la relación de fatigabilidad de la fuerza<sup>3</sup>, cuanto más fuerza ejerce un músculo, más rápidamente se fatiga y llega al punto de falla (incapacidad para mantener la fuerza requerida).

La contracción voluntaria de un músculo para producir fuerza o movimiento, según Taylor *et al.*<sup>4</sup>, implica una serie de eventos que comienzan en el cerebro y terminan en el músculo. Los procesos que conducen a la fatiga muscular comienzan cuando las personas hacen contracciones repetitivas o sostenidas del músculo, por lo tanto, la fatiga muscular puede definirse como cualquier pérdida inducida por el ejercicio de la capacidad de producir fuerza con un músculo o grupo muscular<sup>5</sup>. Siendo esta transitoria y reversible con reposo, excepto en patologías donde permanezca de forma crónica. Como síntoma crónico, la fatiga es una manifestación bien conocida de una serie de trastornos somáticos, entre los que se incluyen el cáncer, la esclerosis múltiple (EM), la enfermedad de Parkinson (EP) o los trastornos cerebrovasculares entre otros.

El término fatiga se emplea para describir tanto el estado de un grupo concreto y localizado de músculos, como para referirse a una situación donde el cansancio es generalizado y afecta a la totalidad del organismo. La fatiga a menudo no está localizada en un grupo muscular o en un proceso fisiológico individual dentro del músculo, más bien, implica varios procesos que actúan en paralelo incluyendo el músculo y las estructuras que continúan por todo el eje neural<sup>5</sup>. Debido a su carácter multifactorial, aún los mecanismos de su formación permanecen imprecisos. Se considera la existencia de factores que afectan a nivel muscular, generando la fatiga neuromuscular o periférica, y factores que afectan por encima de la placa motora, generando la fatiga central<sup>6</sup>.

La fatiga muscular se ha estudiado principalmente cuando es inducida por tareas isométricas (iso), pero los mecanismos neurofisiológicos subyacentes de la fatiga durante movimientos repetitivos rápidos de *tapping* de dedos (*finger tapping*, ft) apenas se han explorado, siendo la prueba de *tapping* un procedimiento fiable usado en todo el mundo para evaluar mecanismos fisiológicos y patológicos de movimientos repetitivos<sup>7</sup>.

Se ha demostrado como con la contracción voluntaria, el potencial evocado motor (PEM) aumentaba de tamaño en comparación con los potenciales evocados motores obtenidos a partir de los músculos relajados, y esto reflejaba una mayor excitabilidad a nivel cortical y espinal<sup>8,9</sup>. El ejercicio fatigante puede disminuir la excitabilidad cortical, como ya demostraron Brasil-Neto *et al.*<sup>10</sup> donde inmediatamente después del ejercicio subjetivamente fatigante la amplitud del PEM aumentaba de tamaño mientras que el período de silencio aumentaba en duración con la fatiga muscular.

Es bien aceptado que no hay una sola causa de fatiga; los mecanismos fisiológicos detrás de la disminución de la producción de fuerza

que prohíben el desempeño indefinido de las tareas son específicos de las demandas de la tarea (es decir, la intensidad de la contracción, la duración, el modo, el grupo muscular, el ángulo de la articulación, la postura de la extremidad y la estabilización). En general, se ha demostrado que el fracaso del sistema nervioso para mantener una activación suficiente del músculo es un contribuyente importante en el fallo de la tarea en las contracciones submaximales sostenidas en comparación con las contracciones máximas<sup>11</sup>.

Hasta donde se conoce, son muy pocos los estudios que revisan distintos métodos para provocar fatiga y lo que ello conlleva, por tanto, el propósito de este estudio es analizar la literatura y proporcionar una revisión sistemática sobre la fatiga inducida por tareas de contracción muscular, provocadas por contracciones isométricas o mediante *tapping* de dedos.

## Metodología

Se realizó una investigación teórica, donde se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura disponible sobre estudios de intervención realizados mediante contracciones isométricas o *tapping* de dedos, de acuerdo con la metodología de artículos de informes preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis, PRISMA (Figura 1).

Los artículos de la presente revisión se obtuvieron mediante la búsqueda en las bases de datos electrónicas PubMed, Medline, Science Direct y Google Scholar. Los términos descriptores o palabras clave de búsqueda fueron los siguientes: *muscle fatigue*, *finger tapping*, *muscle contraction* y *repetitive movements*. Para la utilización correcta de la terminología se consultaron los términos descriptores del Medical Subject Headings, efectuándose la revisión de artículos de revistas revisadas por pares, entre los meses de junio y noviembre de 2017, en los idiomas inglés, castellano y portugués con fecha posterior al año 2000.

El método utilizado para la búsqueda de la bibliografía fue el siguiente:

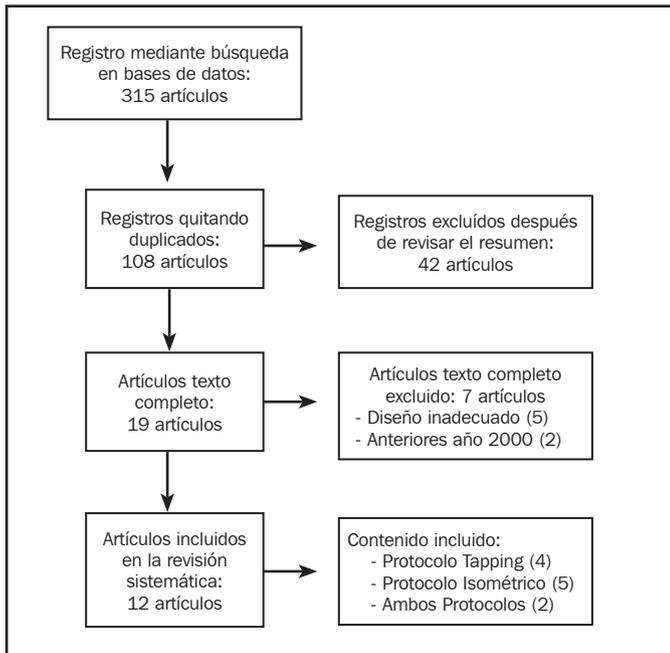
- Estudios que analizaran la fatiga mediante contracciones isométricas o isotónicas, lo que permitió extraer la información más relevante de cada investigación.
- Síntesis de la información, que hizo posible la ordenación y la combinación de la información obtenida, así como una evaluación comparativa entre los estudios que realizaban contracciones mediante *Tapping* o mediante contracción máxima voluntaria (CMV).
- Una vez finalizada la búsqueda, se estableció la selección de los artículos que se incluyeron en la revisión. Para ello fue preciso considerar la utilidad y la relevancia del tema estudiado, además de analizar la aplicabilidad de los resultados al tema de estudio.

Los artículos eran incluidos si los protocolos se basaban en tareas donde se llevaban a cabo contracciones isométricas o mediante *tapping* de dedos utilizadas para provocar fatiga, escritos en inglés, español o portugués.

Los estudios fueron excluidos si se consideraba que la metodología o diseño no cumplía con los protocolos anteriormente citados, si eran resúmenes de conferencias comunicaciones o noticias, o eran posteriores al año 2000, para basarse en investigaciones actualizadas.

El proceso de búsqueda inicial identificó 315 artículos, de los cuales se eliminaron 207 artículos duplicados. Los 108 artículos restantes se

**Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología PRISMA que muestra la identificación, selección y elección de estudios relevantes en esta revisión sistemática.**



seleccionaron para determinar su relevancia en función de su título y resumen, lo que dio como resultado la eliminación de otros 66 estudios, quedando un total de 42 estudios, examinando el texto completo de 19 de ellos, siendo finalmente 12 los que cumplieron con los criterios de selección establecidos, después de la lectura crítica de todo el documento (Figura 1).

La validez de los artículos seleccionados estuvo dada por el grado de evidencias demostrado, por las recomendaciones del artículo y por la aplicabilidad a nuestro contexto.

## Resultados

A continuación, se explica la variabilidad metodológica de los distintos estudios, los cuales comentan como a través de la fatiga provocada por tareas de *tapping* (movimientos repetitivos de dedos), o mediante tareas de contracción isométrica se pueden determinar los distintos parámetros de la fatiga que se evalúan en cada estudio.

Para ello se comienza por entender los estudios basados en la utilización de tareas de contracción (Tabla 1), donde Klass *et al.*<sup>9</sup> compararon los insumos seleccionados con los grupos de neuronas motoras de los músculos flexores del codo durante el desempeño de las tareas de fuerza y posición. Realizando una tarea de fuerza que consistía en hacer una contracción fatigante al 20% de la CMV durante el mayor tiempo posible, concluyendo cuando no se podía mantener el nivel de par requerido durante 5-10 s. La tarea de posición consistía en mantener la articulación del codo en ángulo recto mientras soportaba una carga inercial equivalente al 20% de la CMV, manteniéndose durante el mayor tiempo posible, y finalizando cuando el ángulo del codo disminuyó en

10° desde el objetivo, durante 5-10 s. Ambas tareas requerían de una contracción isométrica sostenida con los músculos flexores del codo.

Williams *et al.*<sup>11</sup> compararon los ajustes supraespinales, facilitadores e inhibidores y la conducción voluntaria de la corteza motora mediante tareas de ajuste de fuerza y coincidencia de posición. Los sujetos debían realizar dos tareas fatigantes. Una consistía en mantener la fuerza equivalente al 15% de la CMV, durante el mayor tiempo posible, tirando contra un transductor de fuerza atado a la silla cuya longitud impedía que el codo flexionara más que 90°. La segunda prueba consistía en mantener, hasta el fallo, la posición de la articulación del codo a 90° sujetando un peso libre equivalente al 15% de fuerza CMV.

Butler *et al.*<sup>14</sup> realizaron un esfuerzo voluntario máximo sostenido (CMV) de los flexores del codo derecho durante 120 s para determinar si las motoneuronas se inhiben durante una contracción isométrica máxima. El codo se flexionó a 90° atado a un miograma isométrico. Antes de la contracción de la prueba, se realizó una serie de CMV breves (de 2-3 s) a intervalos de 1 min. Después de la contracción de la prueba, se realizaron unas CMV breves.

Para comparar el comportamiento de los reflejos de latencia corta (reflejo H) y latencia prolongada (LLR), Duchateau *et al.*<sup>15</sup> realizaron 3 sesiones. Una contracción fatigante a 25% CMV mantenida hasta el límite de resistencia. La segunda sesión, una contracción intermitente (contracción de 6 s, descanso de 4 s a 25% de CMV durante la misma duración que la contracción sostenida a 25% de CMV. En la tercera sesión una contracción sostenida al 50% CMV hasta el límite de resistencia. Las contracciones sostenidas (25 y 50% CMV) finalizaron cuando el sujeto no pudo mantener el nivel de fuerza requerido durante 5 s.

Mediante cinco flexiones isométricas voluntarias máximas de codo (1, 2 s) separadas por descansos de 1 min, Taylor, *et al.*<sup>16</sup> examinaron el desarrollo del componente supraespinal de la fatiga central. Los patrones utilizados fueron 5 s al 50% de CMV y 5 s de descanso. 12 contracciones de 15 s al 60% de CMV y descanso de 10 s. 12 contracciones de 15 s al 75% de CMV y 5 s de reposo. Y 6 contracciones de 30 s al 86% de CMV y descanso de 5 s. Finalmente, los sujetos realizaron una serie de CMV breves a los 15 s, 30 s, y 1, 2 y 3 min después de la serie de contracciones fatigantes. Durante cada breve contracción, se administró un único estímulo magnético transcraneal.

Por último, Maluf y Enoka<sup>17</sup> compararon los ajustes fisiológicos que ocurren cuando se realizan dos contracciones fatigantes similares al fallo. Para ello llevaron a cabo 2 tareas diferentes. En la tarea de fuerza, la extremidad se unió a una sujeción y el sujeto debía sostener una fuerza constante (15-20% del máximo) durante el mayor tiempo posible. En la otra tarea, de posición, el sujeto soportaba una carga inercial equivalente a la fuerza ejercida durante la tarea de fuerza y debía mantener un ángulo constante durante el mayor tiempo posible. El criterio para la falla de la tarea fue no sostener la fuerza o posición objetivo durante al menos 5 s.

Basándose en la utilización de tareas de *tapping* (Tabla 2), Arias *et al.*<sup>7</sup> evaluaron la fatiga cortico-espinal entre tres grupos; un grupo de personas con Parkinson, grupo de personas mayores y grupo de jóvenes. Los sujetos estaban sentados cómodamente con los antebrazos puestos sobre una mesa, con los codos flexionados unos 90°, se les pidió que realizaran tareas de *tapping* con el dedo índice flexionando-extendiendo la articulación metacarpo-falangiana, donde se incluyeron dos modos; a través de tareas de *Tapping* (FT) en su velocidad más rápida (FAST), y *tapping* en su velocidad cómoda (COMFORT). El protocolo completo

Tabla 1. Artículos relacionados con la utilización de tareas de contracción isométrica.

Autor	Muestra	Objetivo	Resultados
Klass <i>et al.</i> 2008	11 sujetos (6 hombres y 5 mujeres), con edades entre 22 y 41 años (29.4 ± 6.0 años)	Comparar los insumos seleccionados con los grupos de neuronas motoras de los músculos flexores del codo durante el desempeño de las tareas de fuerza y posición. Las comparaciones involucraron PEM en respuesta a la TMS y el reflejo de Hoffmann provocado por la estimulación eléctrica del plexo braquial en el punto de Erb.	Revelaron como el par promedio de CMV antes de la contracción de fatiga fue similar para la sesión de fuerza y la sesión de tarea de posición. La aEMG para el bíceps braquial durante la CMV del flexor del codo disminuyó inmediatamente después de la contracción fatigante en la tarea de fuerza y de posición.
Williams, Hoffman, y Clark. 2014	10 individuos sanos y diestros (5 hombres, 5 mujeres), media de edad 24 años. Los sujetos se identificaron en altamente activo (n=2, 1 hombre y 1 mujer) moderadamente activo (n=5, 3 hombres, 2 mujeres), o baja actividad (n=3, 1 hombre, 2 mujeres).	Comparar los ajustes supraespinales, facilitadores e inhibidores y la conducción voluntaria de la corteza motora, medidos con TMS, en relación con las tareas de ajuste de fuerza y coincidencia de posición.	Comprobaron como la cantidad de excitabilidad corticoespinal (PEM y PEM inducido PS) aumentó a lo largo del rendimiento de la tarea de fatiga mientras que la CMEP provocada en el SP disminuyó. Además, la cantidad de inhibición intracortical dentro de la corteza motora disminuyó o se mantuvo durante el rendimiento de la tarea de fatiga.
Butler, Taylor y Gandevia. 2003	2 grupos: Experimental, con 8 sujetos (5 hombres y 3 mujeres) que fueron estudiados en dos ocasiones. Y Control, con 8 sujetos (4 hombres y 4 mujeres). 3 de los sujetos realizaron los experimentos principales y de control. Los sujetos eran sanos y tenían una edad de 30 a 58 años.	Determinar si las motoneuronas se inhiben durante una contracción fatigante sostenida de los músculos flexores del codo y si esta inhibición es causada por la descarga de aferentes musculares del grupo III y IV.	Se mostraron cambios, durante la CMV sostenida, en el tamaño de las respuestas en el bíceps braquial producido tanto por la estimulación corticoespinal como por la estimulación del plexo braquial, revelando una disminución en el tamaño de la respuesta muscular a la estimulación del tracto corticoespinal durante la fatiga. Disminuyendo la excitabilidad de las motoneuronas, contribuyendo a la disminución de la tasa de descarga de unidades motrices y al desarrollo de fatiga central que se produce con CMV sostenidas.
Duchateau <i>et al.</i> 2002	13 voluntarios sanos, 3 mujeres y 10 hombres, de 21 a 46 años.	Comparar el comportamiento de los reflejos de latencia corta (reflejo H) y LLR en el músculo APB durante las contracciones sostenidas al 25% y 50% CMV y durante las contracciones sostenidas e intermitentes al 25% CMV.	Ambos mostraron una reducción en la amplitud absoluta, no habiendo cambios significativos en el reflejo H o la amplitud LLR. La fuerza CMV disminuyó al final de la prueba sostenida 25% CMV y 50% CMV. El promedio de EMG asociado con el CMV se redujo después de las contracciones sostenidas al 25% y 50% CMV, pero no para las contracciones intermitente.
Taylor <i>et al.</i> 2000	9 voluntarios sanos, 5 hombres y 4 mujeres, de 25 a 46 años.	Examinar si el desarrollo del componente supraespinal de la fatiga central fue similar durante los protocolos de ejercicio con diferentes niveles de actividad.	Mostraron como el periodo de silencio se alargó, y el MEP aumentó de tamaño. Al final del protocolo de fatiga después de un total de 3 minutos de contracción, la prolongación del periodo de silencio varió entre 20ms con el 50% de ciclo de trabajo y 0,75 ms con el protocolo de 30 s CMV y reposo 5s.
Maluf y Enoka. 2005	16 sujetos, 8 hombres y 8 mujeres, con edad 27 ± 4 años.	Comparar los ajustes fisiológicos que ocurren cuando se realizan dos contracciones fatigantes similares al fallo, para identificar los mecanismos que limitan la duración de la tarea más difícil.	Se observó como el tiempo para el fracaso de la tarea fue consistentemente menor para la tarea de posición (702 ± 582 s) en comparación con la tarea de fuerza (1.402-768s). Sin embargo, la cantidad de fatiga experimentada por los sujetos durante las dos tareas fue similar, como lo indican las calificaciones comparables del esfuerzo percibido al fracaso y las reducciones del 28-35% en la fuerza CMV, inmediatamente, después de cada contracción fatigante.

consistió en 3 series de 50 ciclos en COMFORT y 3 series de 50 ciclos en FAST. Se repitió dos veces con una semana de diferencia. Se registraron por medio de un sistema electrónico que incluía una placa metálica y un anillo metálico adaptado al dedo.

Anwar *et al.*<sup>12</sup> utilizaron tareas de *tapping* que incluían tareas simples de tocar con los dedos (FT), secuencia de dedos simple (SFS) y secuencia de dedos complejos (CFS), para comprobar la conectividad de la

red sensitivo-motora. Llevando a cabo un diseño de bloques donde los sujetos realizaban las tareas de movimiento de dedos durante 30s, seguidos por 30 s de descanso. Realizando diez bloques completos para cada tarea de movimiento de dedo, 10 minutos por tarea. Con 2 minutos de descanso entre cada tarea de movimiento.

La investigación de Lutz *et al.*<sup>18</sup> consistía en evaluar la mano usada (dominante vs no dominante) para determinar la cantidad del patrón de

Tabla 2. Artículos relacionados con la utilización de tareas de *Tapping*.

Autor	Muestra	Objetivo	Resultados
Arias et al. 2012	3 grupos diferentes (17 personas con Parkinson promedio 69,47 años, 20 controles ancianos sanos promedio 70,55 años, y 21 controles jóvenes sanos promedio de 23,90 años)	Evaluar la validez de la prueba de punteo digital, FT, para detectar alteraciones en la formación del ritmo.	Se mostraba como el grupo de jóvenes tocaba significativamente más rápido que el grupo de Parkinson y mayores. Mientras que no apareció ningún signo de fatiga en los grupos de Parkinson y mayores, el grupo de jóvenes mostró una caída obvia de la frecuencia de <i>tapping</i> .
Anwar et al. 2016	9 sujetos sanos, 5 mujeres y 4 hombres con una edad media de 27 años (rango 21-38 años)	Aplicar el análisis de causalidad de Granger en las señales de EEG, fMRI y fNIRS, para determinar la conectividad efectiva de la red cortico-cortical sensorimotora contralateral durante las tareas de movimiento de dedos simples y complejas de la mano.	Las tareas de <i>tapping</i> se asociaron con un aumento de la actividad en la SMC, PMC y DLPFC.
Lutz et al. 2004	9 sujetos sanos (3 mujeres, 6 hombres) 4 diestros y 5 zurdos, de 22 a 34 años.	Evaluar en qué medida la mano usada (dominante vs subdominante) determina la cantidad del patrón de activación en la corteza motora primaria contralateral, medido a través de resonancia magnética, durante el ft a ritmo propio y a máxima velocidad.	Hubo un mayor incremento de las activaciones corticales de la corteza motora derecha, cuando lo diestros golpeaban con la izquierda en comparación con la mano opuesta. Diferenciando la frecuencia máxima de <i>tapping</i> entre manos, con intervalos inter- <i>tapping</i> más cortos para la mano dominante (130 a 180 ms) que para la no dominante (160 y 200 ms)
Teo et al. 2011	10 individuos sanos y diestros, 5 hombres y 5 mujeres, 21-32 años.	Investigar los cambios en la ECM y la SICl después de una MVR de 10 segundos del dedo índice, comparando los movimientos de auto-ritmo y externos. Para determinar si los efectos centrales eran específicos de la tarea MVR, se comparó con velocidades de movimiento más lentas que eran cinemáticamente sostenibles	Mostraron como el desempeño de una tarea rítmica de CMV de <i>tapping</i> disminuye rápidamente y es seguido por una disminución de la ECM. Una depresión post-ejercicio similar también ocurre cuando la tarea se realiza a velocidades más lentas sostenibles. Con cada una de estas tareas, la reducción de la excitabilidad se acompaña de un aumento de inhibición cortical de intervalo corto SICl, que es mayor después de las tareas más lentas que la tarea MVR.

Tabla 3. Artículos relacionados con la utilización de ambas tareas (contracción isométrica y *tapping*).

Autor	Muestra	Objetivo	Resultados
Arias et al. 2015	2 grupos. Grupo TMS con 9 sujetos sanos diestros (8 varones y una mujer, rango de edad de 22 a 38 años) y el grupo CMS 12 sujetos sanos diestros varones, rango de edad 18-41 años.	Observar las diferencias sobre el potencial motor y los cambios en la excitabilidad de los circuitos corticales y espinales, entre las tareas ft máximo e iso máxima.	Se observó como la fuerza cayó al final de la sesión para ambas tareas. Para la tarea ft, la fuerza de contracción máxima voluntaria se redujo justo al final. Mientras que para la tarea iso observamos una acumulación de fatiga expresado en la caída CMV de la fuerza.
Rodrigues, Mastaglia, y Thickbroom. 2009	10 sujetos sanos diestros, 4 mujeres y 6 hombres, de entre 21-51 años.	Investigar el cambio en la tasa de movimiento y la amplitud en sujetos sanos que realizan flexión/extensión repetitiva de dedos en una tarea de movimiento voluntario máximo o <i>tapping</i> .	La velocidad máxima de movimiento se mantuvo pocos segundos, mostrando una disminución constante durante toda la tarea, permaneciendo la amplitud de movimiento sin cambios. Los sujetos no pudieron sostener el <i>tapping</i> a velocidad máxima durante más de unos pocos segundos, produciéndose un descenso constante de la frecuencia sin un cambio en la amplitud. No hubo cambios en la fuerza CMV isométrica después de la tarea de MVR, no habiendo pérdida de la capacidad de generación de fuerza.

activación en la corteza motora primaria contralateral. Medido a través de resonancia magnética, durante el *tapping* (ft) a ritmo propio y a máxima velocidad. Una flecha hacia la derecha o izquierda indicaba la mano con la que se debía golpear, el color de la flecha indicaba la velocidad de ejecución (verde, velocidad propia y roja, velocidad máxima). 4 sesiones divididas en 6 bloques de 20s de golpeo, seguido de 20 s de descanso.

Para finalizar Teo et al.<sup>19</sup> buscaron los cambios que se producían en la excitabilidad corticomotora (ECM) y la inhibición cortical de intervalo corto (SICl) al realizar *tapping* de dedos. Los participantes realizaron tres series de movimientos de flexión-extensión cíclica de 10 s (comenzando desde la posición neutral con respecto a la articulación metacarpofalángica (MCP) a diferentes velocidades.

En cuanto a las investigaciones que emplearon ambos protocolos de actuación (Tabla 3) se puede observar como en la investigación de Arias *et al.*<sup>13</sup> los sujetos se sometieron a dos sesiones para observar las diferencias sobre el potencial motor y los cambios en la excitabilidad de los circuitos corticales y espinales, entre las tareas ft máximo e isométrica máxima. Una sesión donde debían realizar *tapping* golpeando con el dedo índice sobre una placa metálica colocada en un sensor de fuerza. Y, en la otra sesión, una tarea continua isométrica, presionando igualmente sobre el goniómetro.

Por último, Rodrigues *et al.*<sup>20</sup> investigaron el cambio en la amplitud y en la tasa de movimiento al realizar *tapping* de dedos. La fuerza de contracción voluntaria máxima (CMV) se midió a través de un transductor de fuerza, realizando una flexión voluntaria máxima del dedo durante 3 s, breve pausa y luego una extensión voluntaria máxima del dedo 3 s. Para obtener la capacidad de generación de fuerza de los flexores y extensores del índice se midió la velocidad de los movimientos de flexión y extensión balística. Para la tarea de movimiento voluntario repetitivo (MVR), se realizaron movimientos de flexión/extensión continuos del dedo índice lo más rápido posible, manteniendo su índice máximo durante un período de 20 s.

## Discusión

El objetivo de esta investigación ha sido proporcionar una revisión sistemática sobre la fatiga inducida por tareas de contracción muscular, provocadas por contracciones isométricas o mediante *tapping* de dedos.

Los estudios que utilizan las contracciones isométricas para inducir la fatiga muscular<sup>9,11,14-17</sup> presentan diversos objetivos a través de los cuales este tipo de metodología permite una amplia variedad de investigaciones. Mediante la aplicación de las contracciones isométricas comparando tareas de fuerza (realizar una contracción fatigante manteniendo una fuerza constante durante un periodo de tiempo) y posición (mantener la posición de una articulación el mayor tiempo posible mientras se soporta una carga inercial) se ha podido comparar los insumos seleccionados con los grupos de neuronas motoras de los músculos flexores del codo<sup>9</sup>. Así como los ajustes fisiológicos que ocurren cuando se realizan dos contracciones fatigantes similares al fallo, para identificar los mecanismos que limitan la duración de la tarea más difícil<sup>17</sup>. Además de delimitar la contribución de los mecanismos que provocan el fracaso supraspinales de la tarea durante contracciones submáximas sostenidas, comparando las diferencias específicas de la tarea en los ajustes de la excitabilidad cortical y espinal<sup>11</sup>.

Los estudios diseñados mediante la aplicación de contracciones máximas voluntarias también tienen un amplio campo de actuación como puede ser probar la excitabilidad motoneuronal<sup>14</sup>. Comparar el comportamiento de los reflejos de latencia corta (reflejo H) y latencia prolongada (LLR)<sup>15</sup>. En el estudio de Taylor *et al.*<sup>16</sup> se examinó si el desarrollo del componente supraespinal de la fatiga central fue similar durante cuatro protocolos de ejercicio de tres minutos con diferentes niveles de actividad (5 s CMV 5 s recuperación, 15 s CMV 5 s recuperación, 15 s CMV 10 s recuperación y 30 s CMV 5 s recuperación), demostrando un componente supraespinal a la fatiga central producida por una serie de CMVs intermitentes.

La prueba de *tapping* de dedos es una herramienta básica para evaluar los patrones de movimiento rítmico, siendo comúnmente utilizada en evaluaciones clínicas y como parte de protocolos de investigación, incluyendo estudios de imágenes cerebrales<sup>21,22</sup> y exámenes neurofisiológicos<sup>23,24</sup>. En cuanto a los estudios que llevaron a cabo tareas de *tapping* para inducir fatiga<sup>7,12,18,19</sup> se ha podido examinar la validez y fiabilidad de este protocolo mediante dos modos diferentes Fast y Comfort, en diferentes poblaciones (jóvenes, mayores y personas con Parkinson), y reevaluar algunos aspectos metodológicos de su uso<sup>7</sup>.

Este tipo de metodología también se ha utilizado para determinar la conectividad efectiva de la red cortico-cortical sensorimotora contralateral durante las tareas de movimiento de dedos simples y complejos de la mano, aplicando el análisis de causalidad de Granger en las señales de EEG, fMRI y fNIRS. Lutz *et al.*<sup>18</sup> quisieron probar hasta qué punto la mano usada (dominante vs no dominante) determina la cantidad del patrón de activación en la corteza motora primaria contralateral durante el aprovechamiento máximo y conveniente de la velocidad, ya que varios estudios de imágenes cerebrales demostraron consistentemente un aumento de la activación cortical (indexada por el aumento de las respuestas hemodinámicas) como una función de aumento de la frecuencia de movimiento de los dedos en la corteza motora primaria, el cerebelo y en parte en otras áreas motoras<sup>25,26</sup>.

También se utilizó este tipo de protocolo para investigar los cambios en la excitabilidad corticomotora y la inhibición cortical de intervalo corto después de una tarea de *tapping* de 10 s del dedo índice, comparando los movimientos de auto-ritmo y externos. Para determinar si los efectos centrales eran específicos de la tarea se comparó con velocidades de movimiento más lentas que eran cinemáticamente sostenibles.

Por último, también se encontraron estudios que incluían dentro de su protocolo para inducir fatiga, la utilización, tanto, de tareas de contracciones isométricas como mediante *tapping* de dedos. Como en el estudio de Arias *et al.*<sup>13</sup> donde se comparó los signos neurofisiológicos de la fatiga inducida por *tapping* con los inducidos por tareas de contracción isométricas, para analizar los mecanismos neurofisiológicos subyacentes de la fatiga durante movimientos repetitivos rápidos (*tapping*). Para determinar así la contribución de algunos circuitos motores espinales y supraspinales a la generación de fatiga durante movimientos repetitivos de corta duración (tocando con los dedos), si se realiza a la velocidad más rápida posible. Además, cuando se han estudiado los movimientos isométricos o isotónicos máximos del dedo, se ha observado que puede haber una relación entre la amplitud y la velocidad<sup>27</sup>, por ello, Rodrigues *et al.*<sup>20</sup> se propusieron investigar el cambio en la tasa de movimiento y la amplitud en sujetos sanos que realizan flexión/extensión repetitiva de dedos en una tarea de movimiento voluntario máximo o *tapping*.

## Conclusión

Esta revisión sistemática ha sido planteada para proporcionar información acerca de la fatiga inducida por tareas de contracción muscular, observando como hay un mayor número de investigaciones que utilizan contracciones isométricas en comparación con las que utilizan la metodología de *tapping* de dedos.

La fatiga muscular se ha estudiado predominantemente cuando es inducida por tareas isométricas, pero los mecanismos neurofisiológicos

subyacentes de la fatiga durante movimientos repetitivos rápidos de *tapping* de dedos apenas se han explorado, siendo un procedimiento fiable para evaluar mecanismos fisiológicos y patológicos.

La búsqueda de la metodología planteada en esta revisión (contracciones isométricas y *tapping*) permite abordar el tema de la fatiga, sobre todo a la hora de investigar cómo puede afectar la fatiga en el rendimiento de las personas, así como en el día a día de las personas que sufren patologías donde se desarrolla como un síntoma crónico.

La realización de contracciones isométricas máximas da lugar al fallo progresivo de la activación voluntaria, haciendo que los sujetos sean incapaces de activar los músculos completamente, lo que demuestra la aparición de la fatiga central.

Las contracciones fatigantes intermitentes, como ya se demostró para las contracciones voluntarias sostenidas, provocan cambios en las respuestas de la electromiografía muscular (EMG) a la estimulación magnética transcraneal. Prolongándose el período silencioso y aumentando el tamaño del PEM más rápidamente, recuperándose más lentamente que la prolongación del período de silencio.

La tarea de *tapping* produce una disminución constante en la velocidad a la que se puede realizar el movimiento, teniendo efectos similares sobre la excitabilidad e inhibición tanto después del ejercicio cómo después de una tarea fatigante isométrica de CMV, provocando un deterioro en el rendimiento debido a que no se pueden sostener las demandas en el control motor.

La variedad a la hora de abarcar distintos objetivos que aporta la utilización de este tipo de metodología hace que sea un instrumento muy utilizado por los investigadores que se plantean estudios sobre la diversidad que ofrece el campo de la fatiga.

## Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

## Bibliografía

1. Tucker R, Noakes TD. The physiological regulation of pacing strategy during exercise: A critical review. *Br J Sport Med*. 2009;43(6): e1.
2. Vøllestad N. Measurement of human fatigue. *J Neurosci Meth*. 1997;74(2):219-27.
3. Bazzucchi I, Marchetti M, Rosponi A, Fattorini L, Castellano V, Sbriccoli P, et al. Differences in the force/endurance relationship between young and older men. *Eur J Appl Physiol*. 2005;93:390-7.
4. Taylor JL, Todd G, Gandevia SC. Evidence for a supraspinal contribution to human muscle fatigue. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2006;33:400-5.
5. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev*. 2001;81:1725-89.
6. Gómez-Campos R, Cossio-Bolaños MA, Brouset Minaya M, Hochmuller-Fogaca RT. Mecanismos implicados en la fatiga aguda. *RIMCAFD*. 2010;10(40):537-55.
7. Arias P, Robles-García V, Espinosa N, Corral Y, Cudeiro J. Validity of the finger tapping test in Parkinson's disease, elderly and young healthy subjects: is there a role for central fatigue? *Clin Neurophysiol*. 2012;123:2034-41.
8. McNeil CJ, Butler JE, Taylor JL, Gandevia SC. Testing the excitability of human motoneurons. *Front Hum Neurosci*. 2013;7:152.
9. Klass M, Levenez M, Enoka RM, Duchateau J. Spinal mechanisms contribute to differences in the time to failure of submaximal fatiguing contractions performed with different loads. *J Neurophysiol*. 2008;99(3):1096-104.
10. Brasil-Neto JP, Pascual-Leone A, Valls-Sole J, Cammarota A, Cohen LG, Hallett M. Post-exercise depression of motor evoked potentials: a measure of central nervous system fatigue. *Exp Brain Res*. 1993;93:181-4.
11. Williams PS, Hoffman RL, Clark BC. Cortical and spinal mechanisms of task failure of sustained submaximal fatiguing contractions. *PLoS One*. 2014;9(3):e93284.
12. Anwar AR, Muthalib M, Perrey S, Galka A, Granert O, Wolff S, et al. Effective Connectivity of Cortical Sensorimotor Networks During Finger Movement Tasks: A Simultaneous fNIRS, fMRI, EEG Study. *Brain Topogr*. 2016;29(5):645-60.
13. Arias P, Robles-García V, Corral-Bergantinos Y, Madrid A, Espinosa N, Valls-Sole J, et al. Central fatigue induced by short-lasting finger tapping and isometric tasks: A study of silent periods evoked at spinal and supraspinal levels. *Neurosci*. 2015;305:316-27.
14. Butler JE, Taylor JL, Gandevia SC. Responses of human motoneurons to corticospinal stimulation during maximal voluntary contractions and ischemia. *Neurosci*. 2003;23(32):10224-30.
15. Duchateau J, Balestra C, Carpentier A, Hainaut K. Reflex regulation during sustained and intermittent submaximal contractions in humans. *J Physiol*. 2002;541(Pt 3):959-67.
16. Taylor JL, Allen GM, Butler JE, Gandevia SC. Supraspinal fatigue during intermittent maximal voluntary contractions of the human elbow flexors. *J Appl Physiol*. 2000;89:305-13.
17. Maluf KS, Enoka RM. Task failure during fatiguing contractions performed by humans. *J Appl Physiol*. 2005;99(2):389-96.
18. Lutz K, Koeneke S, Wustenberg T, Jancke L. Asymmetry of cortical activation during maximum and convenient tapping speed. *Neurosci Lett*. 2004;373:61-6.
19. Teo WP, Rodrigues JP, Mastaglia FL, Thickbroom GW. Post-exercise depression in corticomotor excitability after dynamic movement: a general property of fatiguing and non-fatiguing exercise. *Exp Brain Res*. 2012;216:41-9.
20. Rodrigues JP, Mastaglia FL, Thickbroom GW. Rapid slowing of maximal finger movement rate: fatigue of central motor control?. *Exp Brain Res*. 2009;196:557-63.
21. Stoodley CJ, Valera EM, Schmahmann JD. An fMRI study of intra-individual functional topography in the human cerebellum. *Behav Neurosci*. 2010;23(1-2):65-79.
22. Foki T, Pirker W, Klingner N, Geissler A, Rath J, Steinkellner T, et al. fMRI correlates of apraxia in Parkinson's disease patients OFF medication. *Exp Neurol*. 2010;225(2):416-22.
23. Leijnse JN, Campbell-Kyureghyan NH, Spektor D, Quesada PM. Assessment of individual finger muscle activity in the extensor digitorum communis by surface EMG. *J Neurophysiol*. 2008;100(6):3225-35.
24. Astolfi L, Babiloni F, Babiloni C, Carducci F, Cincotti F, Basilisco A, et al. Time-varying cortical connectivity by high resolution EEG and directed transfer function: simulations and application to finger tapping data. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2004;6:4405-8.
25. Jancke L, Peters M, Himmelbach M, Nosselt T, Shah J, Steinmetz H. fMRI study of bimanual coordination. *Neuropsychologia*. 2000;38:164-74.
26. Toma K, Mima T, Matsuoka T, Gerloff C, Ohnishi T, Koshiy B, et al. Movement rate effect on activation and functional coupling of motor cortical areas. *J Neurophysiol*. 2002;88:3377-85.
27. Heuer H. Temporal and spatial characteristics of rapid finger oscillations. *Motor Control*. 2006;10:212-31.

# Methods of evaluating the force-velocity profile through the vertical jump in athletes: a systematic review

Guido Contreras-Diaz<sup>1</sup>, Daniel Jerez-Mayorga<sup>2</sup>, Pedro Delgado-Floody<sup>3</sup>, Leónidas Arias-Poblete<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Salud. Universidad de los Lagos. Puerto Montt. Chile. <sup>2</sup>Escuela de Kinesiología. Laboratorio de Ciencias de la Rehabilitación. Universidad Andrés Bello. Santiago. Chile. <sup>3</sup>Universidad de La Frontera. Temuco. Chile.

**Recibido:** 10.04.2018  
**Aceptado:** 05.06.2018

## Summary

**Introduction:** In the world of sport, the ability of humans to develop maximum muscular power (Pmax) is directly related to performance and sporting success. For this, the measurement of the force-velocity profile (F-v) plays a key role in the evaluation of the athlete. At present, there are different methodologies and technologies to assess this profile, with sprint and vertical jump being the most used forms. The objective of this review is to identify and analyze different methods and tools for assessing F-v profile through the vertical jump.

**Methods:** A search was carried out on the following databases, PubMed, SPORTDiscus, and Web of Science, of papers published between January 2010 and August 2017. The search terms were as follows: strength, speed, profile, vertical jump, squat jump (SJ), countermovement jump (CMJ), sports, strength training, resistance training, and all possible combinations of the above. Methodological quality was assessed using the PEDro scale.

**Results:** Nine out of a total of 254 articles met the criteria for inclusion: six of them evaluated the F-v profile using a force platform, while three used the photocell system. Analysis of their evaluation methods revealed that of the six studies using the force platform, one used the SJ as an assessment measure, two used the CMJ and three used both methods; all three studies using the photocell system used the SJ as the method of assessment.

**Conclusion:** The instruments most often used to evaluate the F-v profile are the force platform and the photocell system. Nevertheless, other new and interesting technologies exist that are capable of evaluating the vertical jump, for example, through mobile applications.

## Key words:

Muscular power. Assessing force-velocity. Vertical jump.

## Métodos de evaluación del perfil fuerza-velocidad a través del salto vertical en deportistas: una revisión sistemática

### Resumen

**Introducción:** En el mundo del deporte, la capacidad que tiene el ser humano para desarrollar la máxima potencia muscular (Pmáx) está directamente relacionada con el rendimiento y éxito deportivo. Para ello, la medición del perfil fuerza velocidad (F-v) cumple un rol clave dentro de la evaluación del deportista. En la actualidad existen diversas metodologías y tecnologías para valorar este perfil, siendo el sprint y el salto vertical las formas más utilizadas. El objetivo de esta revisión es identificar y analizar diferentes métodos e instrumentos de evaluación del perfil F-v a través del salto vertical.

**Método:** La búsqueda se realizó en las siguientes bases de datos: PubMed, SportDiscus y Web of Science, entre enero del 2010 hasta agosto del 2017. Los términos de búsqueda fueron los siguientes; Fuerza, velocidad, perfil, salto vertical, Squat Jump (SJ), Countermovement Jump (CMJ), deportes, entrenamiento de fuerza, entrenamiento de resistencia y sus posibles combinaciones. La calidad metodológica fue evaluada a través de la escala PEDro.

**Resultados:** Nueve de los 254 artículos encontrados cumplieron con los criterios de inclusión al estudio, de los cuales, 6 evaluaron el perfil F-v a través de una plataforma de fuerza y 3 mediante el sistema de fotocélulas. En el análisis de los métodos de evaluación, de los 6 estudios que evaluaron el perfil F-v con plataforma de fuerza, uno lo hizo a través del SJ, dos a través del CMJ y tres utilizaron ambos métodos, mientras que de los tres estudios que valoraron el perfil F-v con el sistema de fotocélulas, todos usaron el SJ como método de evaluación.

**Conclusión:** Los instrumentos más utilizados para la evaluación del perfil F-v son; Plataforma de fuerza y fotocélulas, sin embargo, existen nuevas tecnologías capaces de evaluar el salto vertical, por ejemplo, a través de aplicaciones móviles.

## Palabras clave:

Fuerza Muscular. Evaluación. Fuerza-Velocidad. Salto Vertical.

**Correspondencia:** Daniel Jerez-Mayorga  
E-mail: daniel.jerez@unab.cl

## Introduction

The vertical jump is an important factor in sports performance, due to its ballistic and explosive character.<sup>1</sup> The object of this rapid, high speed movement is to accelerate an internal or external mass in the least possible time.<sup>2</sup> The acceleration of body mass depends on the ability of the neuromuscular system to generate power,<sup>3</sup> which in turn is understood as the combined product of maximum strength and speed to generate movement through muscle contraction.<sup>4</sup> This relationship is known as the force-velocity profile (F-v),<sup>5</sup> and has three variables: maximum theoretical force at zero speed (F0), maximum theoretical velocity at zero load (V0), and maximum power (Pmax). These three variables represent the maximum capacity of the lower extremities to develop strength, power, and velocity.<sup>6</sup>

An F-v profile shows the balance that exists between the force and speed (SFV) of an athlete, and is tested by jumping with loads to reveal either optimal balance (Sfvopt) or imbalance (FVimb) between both variables.<sup>7</sup> Both results are determined by the slope of the F-v.<sup>8</sup>

In both cyclical and acyclic sports, the ability to generate high levels of mechanical power during the jump and sprint plays a determining role in the performance of the athlete.<sup>9</sup> The ability to generate power is determined by a series of mechanical, morphological, and neural factors that are related to each other.<sup>6</sup> Of particular importance are type of muscular action<sup>10,11</sup> execution time,<sup>12,13</sup> interaction between elastic-contractile components,<sup>14,15</sup> stretch reflex,<sup>16</sup> type of muscle fiber,<sup>13,17</sup> cross-section area,<sup>11</sup> recruitment of motor units,<sup>18-20</sup> firing frequency,<sup>20-23</sup> and intermuscular coordination.<sup>24-26</sup> However, in addition to knowing the level of mechanical power it is important to determine the F-v profile; this reveals the FVimb, through which it is possible to identify an athlete's mechanical deficits in order to schedule training and/or rehabilitation to reduce the FVimb and achieve Sfvopt.<sup>7</sup>

A wide range of methods, evaluation techniques, and tools are used to evaluate the Pmax of the F-v profile through the vertical jump, the gold standard being the force platform.<sup>27,28</sup> At the same time there are other instruments, such as the photocell system,<sup>29,30</sup> contact mats,<sup>28,31,32</sup> and now mobile applications,<sup>33-35</sup> not to mention other methods such as the sprint.<sup>36</sup>

F-v and Pmax are evaluated through the vertical jump since it is one of the most common actions performed in sport.<sup>28,37</sup> Irrespective of the method used, the important thing is that the measuring device is valid and trustworthy.<sup>38</sup>

The problem is that many of the technologies and methods used to evaluate athletes are unaffordable for the vast majority of professionals working in the field. Therefore, the objective of this review is to identify and analyze different methods and tools for assessing the F-v profile of sports people through the vertical jump, in order to clarify and identify effective assessment tool options for use in sports performance, injury prevention, and/or rehabilitation and reintegration.

## Methods

### Literature Search Strategy

To carry out the review, the following databases were used: Pub-Med, SPORTDiscus and Web of Science. The keywords used during the search were: Force, Velocity, Profile, Vertical Jump, Squat Jump, Countermovement Jump, Sports, Strength training, resistance training, and all possible combinations.

### Selection criteria

The inclusion criteria were as follows: a) clinical papers published between January 01, 2010 and August 31, 2017; b) subjects were men and/or women older than 18 years who participate in cyclic or acyclic sports, regardless of whether or not they are prominent sports people; c) interventions include any type of method or instrument for evaluating the profile F-v through the vertical jump; d) articles are written in the English language.

Interventions that used the sprint to measure F-v profile were excluded, as were chapters of books, summaries of congress papers, and doctoral theses.

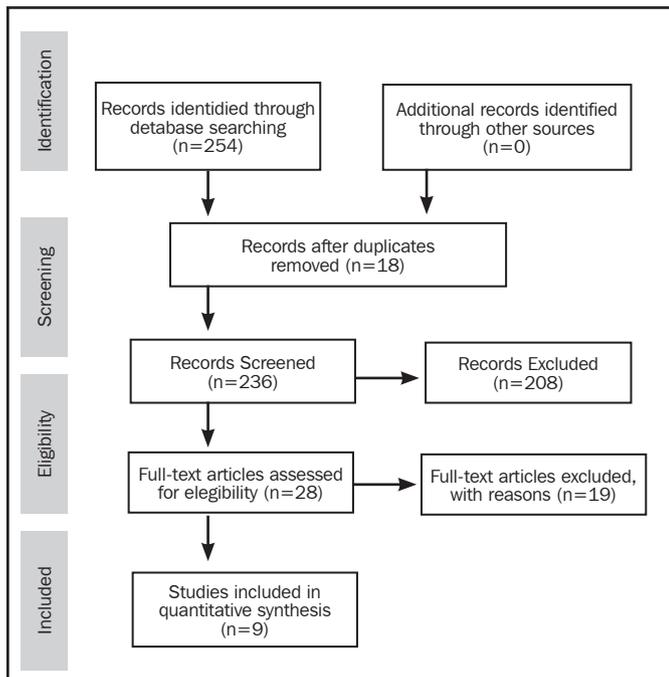
### Evaluation of methodological quality

The methodological quality of the studies was assessed using the PEDro scale (Table 1), which uses 11 criteria to determine the internal

**Table 1. Classification of methodological quality.**

Study	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Giroux <i>et al.</i> <sup>39</sup>	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Jiménez-Reyes <i>et al.</i> <sup>40</sup>	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Samozino <i>et al.</i> <sup>8</sup>	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Jiménez-Reyes <i>et al.</i> <sup>41</sup>	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Jiménez-Reyes <i>et al.</i> <sup>42</sup>	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Cuk <i>et al.</i> <sup>43</sup>	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Feeney <i>et al.</i> <sup>44</sup>	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
García Ramos <i>et al.</i> <sup>45</sup>	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Hansen <i>et al.</i> <sup>46</sup>	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	9

1. Eligibility criteria were specified; 2. Subjects were randomly allocated to groups; 3. Allocation was concealed; 4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators; 5. There was blinding of all subjects; 6. There was blinding of all therapists who administered the therapy; 7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome; 8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups; 9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"; 10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome; 11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome.

**Figure 1. Diagram of the selection of articles for review.**

validity of clinical trials. From those articles identified as being potentially eligible by this search strategy, the authors (GCD and DJM) then made a further selection on the basis of article titles and summaries.

## Results

### Search Results

The search process allowed us to identify 254 potentially eligible articles (PubMed, N = 44, Web of Science, N = 150, SPORTDiscus, N = 60). An initial analysis revealed 18 duplicates, which were removed to leave 236 articles. Of these, 208 were excluded after reading the title and summary, leaving 28. A further 19 were excluded after reading the complete text, leaving nine relevant articles according to the eligibility criteria (Figure 1).

### Photocell system

In three studies the F-v profile was measured using the Optojump® device. The first, by Giroux *et al.*<sup>39</sup>, evaluated SJ in 95 elite athletes (38 women and 57 men) from different sports (cycling, fencing, taekwondo, and athletics), using seven different loads based on the percentage of one maximum repeat (1RM) (0, 10, 20, 30, 40, 50, and 60% of 1RM). Fifteen active control group subjects (7 women and 8 men) were also assessed. The authors found significant differences ( $p < 0.05$ ) in the Sfv and Sfvopt between the control subjects (men and women), fencers (men and women), and Taekwondo athletes (men and women). In the second study, Samozino *et al.*<sup>8</sup> studied the F-v profile of 48 national and international athletes (31 soccer players, 11 sprinters, and six rugby players) using the SJ method with five additional loads (0, 25, 50, 75,

and 100%) in relation to the body weight of each athlete. Their results showed a loss in individual performance as a result of FVimb ( $6.49 \pm 6.25\%$ ). Finally, Jiménez-Reyes *et al.*<sup>40</sup> evaluated 84 trained athletes (semi-professional football and rugby players) divided into three groups: optimized group (n = 46), non-optimized group (n = 18), and control group (n = 20), using the SJ with five to eight loads ranging from 17 to 87 kg. They found large (Effect Size (ES) = 1.21-100/0/0) and moderate (ES = 0.73 100/0/0) differences in FVimb and height of leap in favor of the optimized group compared with the non-optimized group.

### Force platform

In six studies the F-v profile was measured using the force platform measuring instrument. In a study by Jiménez-Reyes *et al.*<sup>41</sup> which evaluated the SJ and the CMJ of 54 trained subjects (jumpers and sprinters) with five to eight loads ranging from 17 to 87 kg, significantly different values ( $p < 0.001$ ) were found for SJ and CMJ, except for displacement of the center of mass from the beginning of the concentric phase until takeoff (hPO), sfv and FVimb ( $p > 0.05$ ). In a more recent study, Jiménez-Reyes *et al.*<sup>42</sup> assessed the CMJ of 16 subjects (runners and jumpers) with five different loads (17 to 87 kg), using a force platform versus a simple method to determine F-v profile. They obtained high reliability (Intraclass Correlation Coefficients (ICC)  $> 0.980$  and Coefficient of Variation (CV)  $< 1.0\%$ ) for all variables between the two methods of evaluation. Cuk *et al.*<sup>43</sup> studied the F-v profile of 30 subjects (divided into three groups: strength group, active group, and sedentary group) through SJ and CMJ with 10, 20, and 30% of body weight using the force platform. They reported coefficients ranging from  $r = 0.949-0.995$  ( $p < 0.01$ ) in the averages of the F-v relations between the participants of every group, and found that the force group obtained better results on F0 and Pmax compared with the other groups. Feeney *et al.*<sup>44</sup> studied the F-v relationship in ten physically active subjects through the CMJ with loads of 0 to 40% of body weight, using the force platform and an isokinetic device for evaluating knee extension. Their results showed a strong and linear F-v relationship (the coefficients of individual interrelations ranged between 0.78 and 0.93) and a moderate to highly reliable relation ( $0.67 < ICC < 0.91$ ) between the slopes of force and speed. Garcia Ramos *et al.*<sup>45</sup> determined the F-v profile of 23 physically active subjects using the SJ and CMJ with six different loads (0, 17, 30, 45, 60, and 70 kg), and found a linear interrelation in all F-v relations ( $r > 0.98$ ) when participants data were divided equally and when considered individually ( $r = 0.94-0.98$ ). Finally, Hansen *et al.*<sup>46</sup> evaluated the F-v profile of 18 elite rugby players through SJ without external load (with body weight) and with three external loads (20, 40, and 60 kg). The group was then divided into two, with each new group receiving a different type of training (traditional training group and cluster training group). The results showed a significant increase ( $p = 0.05$ ) in post-training F0 in both groups, the increase being greater ( $p = 0.05$ ) for the traditional training group (Table 2).

## Discussion

The objective of this review was to identify and analyze instruments and methods for evaluating F-v profile through the vertical jump in

**Table 2. Results of the evaluations and interventions to determine force-velocity profile.**

Study	Description of Subjects	Design of Study	Evaluation Instrument F-V profile	Evaluation Protocol	Outcomes	Test Results
Giroux et al. <sup>39</sup>	Study Group: N = 95 Age: 23.6 ± 4.0 Height: 176.2 ± 5.3 cm Weight: 70.4 ± 7.8 kg  Group Control: N = 15 Age: 25.1 ± 2.1 Height: 172.5 ± 5.7 cm Weight: 68.6 ± 7.2 kg	Experimental design, Cohort study  Evaluated Group: Squat Jump (SJ) (n = 95)	Optojump Next (Microgate, Bolzano-Bozen, Italy)	SJ: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60% of 1 RM.	F0: Theoretical maximum force V0: Theoretical maximum velocity Pmax: Maximum power F0th: Maximum optimum strength V0th: Optimum maximum speed	Sprinters and cyclists present values of F0 > than other groups. F0 < F0th for Female Fencers, Group Control, Sprinters, Fencers and Male Taekwondo. V0 > V0th for Female Fencers, Control Group, Sprinters, Fencers and Male Taekwondo.
Jiménez-Reyes et al. <sup>40</sup>	Study Group: N = 84 Age: 23.1 ± 4.4 Weight: 75.5 ± 8.5 kg Height: 1.79 ± 0.046 m	Longitudinal experimental design  Evaluated Group: All groups performed Squat Jump Optimized Group: - Force deficit Group (FD) - Speed deficit Group (VD) - Well-balanced group (WB) Non-optimized group Control Group	Optojump (Microgate, Bolzano, Italy)	SJ without load and with loads ranging between 17 and 87 kg.	F0: Theoretical maximum force V0: Theoretical maximum velocity Pmax: Maximum power Sfv: Slope Force-Velocity profile Sfvopt: Optimum slope Force-Velocity profile FvIMB: Force-Velocity imbalance	Optimized group: FD, VD, and WB, all subjects show improvements in jump height and a decrease in Fvimb compared with non-optimized group and control group, who show varying results.
Samozino et al. <sup>8</sup>	Study Group: N=48 Age: 20.9 ± 4.4 Weight: 75.8 ± 12.0 kg Height: 1.79 ± 0.06 m	Experimental design.  Evaluated Group: Squat Jump (SJ) (n = 48)	Optojump (Microgate, Bolzano, Italy)	SJ: 0, 25, 50, 75, and 100% of subject's body weight.	F0: Theoretical maximum force V0: Theoretical maximum velocity Pmax: Maximum power Sfv: Slope Force-Velocity profile Sfvopt: Optimum slope Force-Velocity profile FvIMB: Force-Velocity imbalance	Loss of individual performance, due to Fvimb (6.49 ± 6.25%)
Jiménez-Reyes et al. <sup>41</sup>	Study Group: N= 54 Age: 23 ± 4.4 Height: 1.80 ± 0.06 m Age: 77.9 ± 6.0 kg	Randomized clinical trial.  Evaluated Group: Squat Jump (SJ) and Countermovement Jump (CMJ) (n = 54)	Smith Machine (Multi-power Fitness Line)  Force platform (Bertec, type 4060-15)	SJ and CMJ: with 5 to 8 additional loads ranging between 17 and 87 kg.	SJ and CMJ: F0: Theoretical maximum force V0: Theoretical maximum velocity Pmax: Maximum power Jump height Sfv: Slope Force-Velocity profile Sfvopt: Optimum slope Force-Velocity profile FvIMB: Force-Velocity imbalance	SJ vs. CMJ F0 > CMJ V0 > CMJ Pmax > CMJ Jump Height > CMJ Sfv > CMJ Sfvopt > CMJ Fvimb > SJ
Cuk et al. <sup>43</sup>	Study Group: N = 30 Age: 24. 4 ± 2.3 Height: 182.4 ± 6.2 cm Weight: 80.2 ± 7.0 kg Body Mass Index (BMI): 24.1 ± 2.1 kg/m Muscular Mass: 40.7 ± 5.0 kg Body fat: 11.5 ± 5.7% 1 RM Squat: 139.6 ± 44.9 kg Maximum Voluntary Contraction (MVC) 884 ± 174	Experimental design  Evaluated Group: 1 RM Squat MVC Knee Extenders (n = 30)	MVC: Isokinetic Dynamometer (Kin-com)  Squat Jump (SJ) + Countermovement Jump (CMJ) (Force platform, AMTI, USA)	Warm up: 5 minutes of trot + Dynamic Stretches.  SJ and CMJ with 10, 20, and 30% of subject's body weight.	F0: Theoretical maximum force V0: Theoretical maximum velocity Pmax: Maximum power Force-Velocity profile	Pmax: Force Group > Active group and Sedentary group

(continue)

(continuation)

Study	Description of Subjects	Design of Study	Evaluation Instrument F-V profile	Evaluation Protocol	Outcomes	Test Results
Jiménez-Reyes <i>et al.</i> <sup>42</sup>	Study Group: N = 16 Age: 23.1 ± 4.1 Weight: 76.3 ± 6.4 kg Height: 1.81 ± 0.06 m	Cross-cutting experimental design Evaluated Group: Countermovement Jump (CMJ) (n = 16)	Smith Machine (Multi-power Fitness Line, Peroga, Spain) Force platform (Bertec, Tipo 4060-15, USA)	Warm-up: 10 minutes of trot on treadmill+ Dynamic Stretches + Preparatory Vertical Jumps.  CMJ jumps without load and with 5 different loads (17-87 kg) on force platform and on soil (simple method).	F0: Theoretical maximum force V0: Theoretical maximum velocity Pmax: Maximum power Force-Velocity profile	Variables calculated by a simple method show high reliability: ICC < 0.980 CV > 1.0%
Feeney <i>et al.</i> <sup>44</sup>	Study Group: N = 10 Age: 21.9 ± 3.2 Weight: 72.2 ± 5.4 kg Height: 1.78 ± 0.12 m Body Mass Index (BMI): 22.8 ± 1.2 kg/m	Experimental cross-sectional design  Evaluated Group: Knee Extensions against Resistance and Countermovement Jumps (CMJ) (n = 10)	Isokinetic Dynamometer Kin-com (Chatex corp, Chattanooga, USA)  Force platform (Bertec FIT, Columbus, OH, USA).	Warm Up: 5 Minutes of Stationary Bike + Dynamic Stretches.  CMJ with loads of 0-40% of body weight.  Knee extensions in isokinetic device.	F0: Theoretical maximum force V0: Theoretical maximum velocity Pmax: Maximum power Force-Velocity relation	Coefficients of individual correlation of strength and velocity of 0.78-0.93. The relation between the slopes of Force and Velocity are from moderate to highly reliable (0.67 < ICC < 0.91)
García Ramos <i>et al.</i> <sup>45</sup>	Study Group: N = 23 Age: 23.1 ± 3.2 Weight: 74.7 ± 7.3 kg Height: 1.77 ± 0.12 m	Experimental Design Evaluated Group: Squat Jump and Countermovement Jump (n = 23)	Force platform (Dinascan/IBV Institute of Biomechanics of Valencia)	10 minutes warm-up: Joint Mobility and Dynamic Stretches  SJ and CMJ with loads: 0, 17, 30, 45, 60, and 70 kg.	F0: Theoretical maximum force V0: Theoretical maximum velocity Pmax: Maximum power Force-Velocity relation	There is a linear relationship in all force-velocity relationships: r > 0.98.
Hansen <i>et al.</i> <sup>46</sup>	Study Group: N = 18 Age: 26.8 ± 4.5 Weight: 103.5 ± 8.6 kg Height: 1.89 ± 0.1 m	Experimental design  Group traditional training (TT) (n = 9) Cluster Group training (CT) (n = 9) (Total n = 18) Both groups received force and potency training on the lower extremities twice per week.	Force platform (Accupower, AMTI, Watertown, MA, USA)	Squat Jump with body weight and 3 external loads: 20, 40, and 60 kg.	F0: Theoretical maximum force V0: Theoretical maximum velocity Pmax: Maximum power	↑ in maximum force in the TT and CT Groups.

Theoretical maximum force (F0), Theoretical maximum speed (V0), Maximum power (Pmax), Slope Force-Velocity profile (Sfv), Optimum slope Force-Velocity profile (Sfvopt), Force-Velocity imbalance (FvIMB) Squat Jump (SJ), Countermovement Jump (CMJ).

athletes. The main finding is that most of the studies in this review used the force platform as the sole instrument of evaluation. Other studies have considered other methods. For example, García-Ramos *et al.*<sup>47</sup> Correlated, compared, and determined the reliability of F0, V0,

and Pmax values obtained using a force platform and a linear encoder during jumps with loads (25, 50, 75, and 100% of body weight). They found a high correlation (p < 0.0001) between both evaluation methods, suggesting that the linear Encoder is a valid tool for measuring F-v

profile. This study is consistent with that of Padulo J. *et al.*<sup>48</sup>, who used a linear Encoder to evaluate the F-v profile of ten sports people across two types of movement (squat and leg press). Other authors have also searched for an evaluation method of similar validity to that of the force platform. Balsalobre-Fernández *et al.*<sup>33</sup>, for example, analyzed the validity and reliability of a mobile application (My Jump<sup>®</sup>) for measuring vertical jump and F-v profile, and found almost perfect agreement between the height of jump as measured by the application and that measured using a force platform, thus demonstrating another valid and easily accessible option for evaluating F-v profile. Finally, Jiménez-Reyes, *et al.*<sup>42</sup> validated a simple method of evaluating F-v profile through the CMJ using three parameters; body mass, height of jump, and distance of propulsion. A comparison of these results and those obtained using a force platform showed strong interrelations between the F-v profile variables of both methods, thereby providing another assessment option.

While it is the case that the objective of this review was to evaluate the F-v profile through the vertical jump, other methods do exist. Samozino *et al.*<sup>49</sup> studied the F-v relationship using an ergometer fitted with a car seat, in which horizontal movement is enabled through ballistic push with the aim of quantifying the bilateral force deficit (BLD) associated with mechanical alterations of the F-v profile. On the other hand, Dobrijevic *et al.*<sup>50</sup>, evaluated the F-v profile using an ergometric tape with an indicator connected to the subject by means of a belt. In addition, Romero-Franco *et al.*<sup>51</sup> examined the validity and reliability of the results of sprints measured using a mobile application (My Sprint) compared with existing methods (photocell and radar gun), and obtained an almost perfect correlation between the times, F<sub>0</sub>, V<sub>0</sub>, and P<sub>max</sub> measured with the mobile application and the photocell system.

As Samozino *et al.*<sup>5</sup> concluded, regardless of the method and instrument of evaluation, sports performance during a jump or race is not based exclusively on the P<sub>max</sub> but rather on the balance that exists within the F-v. Therefore, it is vital to measure this profile in order to improve the training and rehabilitation of sports people.<sup>7</sup>

## Practical Applications

It is necessary to emphasize the importance of evaluating sports people, and to consider the methods most appropriate to meet the requirements of sports and the valid and reliable instruments that can give accurate evaluations and results. Doing so will allow the correct training loads to be prescribed and adjusted that will favor optimum performance with the lowest incidence of injuries.

On the basis of this review it is suggested that future investigations are undertaken with mobile applications and other more accessible instruments, comparing their ability to determine the F-v profile of sportsmen with that of the Gold Standard or the photocell system with the aim of facilitating and enhancing the work of sports science and health professionals to the benefit of athletes and the field of sport generally.

## Conclusions

The methods and instruments for evaluating the F-v profile identified and included in this review are based primarily on the force platform or photocell system. Nevertheless, there are other methods that are more

accessible to the majority of sports science professionals. It is therefore necessary to investigate whether these other measurement options are as valid and trustworthy as more commonly used instruments.

This research suggests that mobile applications may be a valid option for studying the F-v profile in sports people submitted to jump and sprint evaluations, allowing FV<sub>imb</sub> to be determined.

## Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

## Bibliography

- Cormie P, McCauley GO, Triplett NT, McBride JM. Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(2):340-9.
- Knudson DV. Correcting the use of the term "power" in the strength and conditioning literature. *J Strength Cond Res.* 2009;23(6):1902-8.
- Frost DM, Cronin J, Newton RU. A biomechanical evaluation of resistance: fundamental concepts for training and sports performance. *Sports Med.* 2010;40(4):303-6.
- Kraemer WJ, Newton RU. Training for muscular power. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2000;11(2):341-8.
- Samozino P, Rejc E, Di Prampero PE, Belli A, Morin JB. Optimal force-velocity profile in ballistic movements—altius: citius or fortius? *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(2):313-22.
- Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: Part 1—biological basis of maximal power production. *Sports Med.* 2011;41(1):17-38.
- Morin JB, Samozino P. Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016;11(2):267-72.
- Samozino P, Edouard P, Sangnier S, Brughelli M, Gimenez P, Morin JB. Force-velocity profile: imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *Int J Sports Med.* 2014;35(6):505-10.
- Cronin J, Sleivert G. Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Med.* 2005;35(3):213-34.
- Shoepf TC, Stelzer JE, Garner DP, Widrick JJ. Functional adaptability of muscle fibers to long-term resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(6):944-51.
- Malisoux L, Francaux M, Nielens H, Theisen D. Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *J Appl Physiol.* 2006;100(3):771-79.
- Widrick JJ, Stelzer JE, Shoepf TC, Garner DP. Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2002;283(2):R408-16.
- Fitts RH, Widrick JJ. Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exerc Sport Sci Rev.* 1996;24:427-73.
- Ettema GJ, van Soest AJ, Huijting PA. The role of series elastic structures in prestretch-induced work enhancement during isotonic and isokinetic contractions. *J Exp Biol.* 1990;154:121-36.
- Fukushima S, Hay DC, Nagano A. Biomechanical behavior of muscle-tendon complex during dynamic human movements. *J Appl Biomech.* 2006;22(2):131-47.
- Krol H, Mynarski W. A Comparison of Mechanical Parameters Between the Counter Movement Jump and Drop Jump in Biathletes. *J Hum Kinet.* 2012;34:59-68.
- Thorstensson A, Grimby G, Karlsson J. Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol.* 1976;40(1):12-16.
- Desmedt JE, Godaux E. Ballistic contractions in man: characteristic recruitment pattern of single motor units of the tibialis anterior muscle. *J Physiol.* 1977;264(3):673-93.
- Sale DG. Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exerc Sport Sci Rev.* 1987;15:95-51.
- Petajan JH. AAEM Minimonograph #3: Motor Unit Recruitment. *Muscle Nerve.* 1991;14(6):489-02.
- de Luca CJ, Foley PJ, Erim Z. Motor unit control properties in constant-force isometric contractions. *J Neurophysiol.* 1996;76(3):1503-16.
- Erim Z, De Luca CJ, Mineo K, Aoki T. Rank-ordered regulation of motor units. *Muscle Nerve.* 1996;19(5):563-73.
- Masakado Y. Motor unit firing behavior in man. *Keio J Med.* 1994;43(3):137-42.

24. Sale DG. Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 1988;20(5 Suppl):S135-45.
25. Gabriel DA, Kamen G, Frost G. Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Med.* 2006;36(2):133-49.
26. Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med.* 2007;37(2):145-68.
27. Read PJ, Oliver JL, De Ste Croix MBA, Myer GD, Lloyd RS. Consistency of Field-Based Measures of Neuromuscular Control Using Force-Plate Diagnostics in Elite Male Youth Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2016;30(12):3304-11.
28. McMaster DT, Gill N, Cronin J, McGuigan M. A Brief Review of Strength and Ballistic Assessment Methodologies in Sport. *Sports Med.* 2014;44(5):603-23.
29. Glatthorn JF, Gouge S, Nussbaumer S, Stauffacher S, Impellizzeri FM, Maffiuletti NA. Validity and Reliability of Optojump Photoelectric Cells for Estimating Vertical Jump Height. *J Strength Cond Res.* 2011;25(2):556-60.
30. Attia A, Dhahbi W, Chaouachi A, Padulo J, Wong DP, Chamari K. Measurement errors when estimating the vertical jump height with flight time using photocell devices: the example of Optojump. *Biol Sport.* 2017;34(1):63-70.
31. García-Lopez J, Peleteiro J, Rodríguez-Marroyo JA, Morante JC, Herrero JA, Villa JG. The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. *Int J Sports Med.* 2005;26(4):294-02.
32. Dobbin N, Hunwicks R, Highton J, Twist C. Validity of a Jump Mat for assessing Counter-movement Jump Performance in Elite Rugby Players. *Int J Sports Med.* 2017;38(2):99-04.
33. Balsalobre-Fernandez C, Glaister M, Lockey RA. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci.* 2015;33(15):1574-79.
34. Carlos-Vivas J, Martín-Martínez JP, Hernández-Mocholi MA, Pérez-Gómez J. Validation of the iPhone app using the force platform to estimate vertical jump height. *J Sports Med Phys Fitness.* 2016;58(3): 227-32.
35. Gallardo-Fuentes F, Gallardo-Fuentes J, Ramírez-Campillo R, Balsalobre-Fernández C, Martínez C, Caniunqueo A, et al. Intersession and Intrasession Reliability and Validity of the My Jump App for Measuring Different Jump Actions in Trained Male and Female Athletes. *J Strength Cond Res.* 2016;30(7):2049-56.
36. Samozino P, Rabita G, Dorel S, Slawinski J, Peyrot N, Saez de Villarreal, et al. A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scand J Med Sci Sports.* 2016;26(6):648-58.
37. Loturco I, Pereira L, Kobal R, Kitamura K, Abad C, Marques G, et al. Validity and Usability of a New System for Measuring and Monitoring Variations in Vertical Jump Performance. *J Strength Cond Res.* 2017;31(9):2579-85.
38. Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.* 1998;26(4):217-38.
39. Giroux C, Rabita G, Chollet D, Guilhem G. Optimal Balance Between Force and Velocity Differs Among World-Class Athletes. *J Appl Biomech.* 2016;32(1):59-68.
40. Jiménez-Reyes P, Samozino P, Brughelli M, Morin J-B. Effectiveness of an Individualized Training Based on Force-Velocity Profiling during Jumping. *Front Physiol.* 2016;7:77.
41. Jimenez-Reyes P, Samozino P, Cuadrado-Penañiel V, Conceicao F, Gonzalez-Badillo JJ, Morin JB. Effect of countermovement on power-force-velocity profile. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(11):2281-88.
42. Jimenez-Reyes P, Samozino P, Pareja-Blanco F, Conceicao F, Cuadrado-Penañiel V, González-Badillo JJ, et al. Validity of a Simple Method for Measuring Force-Velocity-Power Profile in Countermovement Jump. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(1):36-43.
43. Cuk I, Mirkov D, Nedeljkovic A, Kukolj M, Ugarkovic D, Jaric S. Force-velocity property of leg muscles in individuals of different level of physical fitness. *Sports Biomech.* 2016;15(2):207-19.
44. Feeney D, Stanhope SJ, Kaminski TW, Machi A, Jaric S. Loaded Vertical Jumping: Force-Velocity Relationship, Work, and Power. *J Appl Biomech.* 2016;32(2):120-27.
45. García-Ramos A, Jaric S, Pérez-Castilla A, Padiá P, Feriche B. Reliability and magnitude of mechanical variables assessed from unconstrained and constrained loaded countermovement jumps. *Sports Biomech.* 2017;16(4):514-26.
46. Hansen KT, Cronin JB, Pickering SL, Newton MJ. Does cluster loading enhance lower body power development in preseason preparation of elite rugby union players? *J Strength Cond Res.* 2011;25(8):2118-26.
47. García-Ramos A, Stirn I, Strojnik V, Padiá P, Fuente B, Argüelles-Cienfuegos J, et al. Comparison of the force-, velocity-, and power-time curves recorded with a force plate and a linear velocity transducer. *Sports Biomech.* 2016;15(3):329-41.
48. Padulo J, Migliaccio GM, Ardigo LP, Leban B, Cosso M, Samozino P. Lower Limb Force, Velocity, Power Capabilities during Leg Press and Squat Movements. *Int J Sports Med.* 2017;38(14):1083-89.
49. Samozino P, Rejc E, di Prampero PE, Belli A, Morin JB. Force-velocity properties' contribution to bilateral deficit during ballistic push-off. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(1):107-14.
50. Dobrijevic S, Ilic V, Djuric S, Jaric S. Force-velocity relationship of leg muscles assessed with motorized treadmill tests: Two-velocity method. *Gait Posture.* 2017;56:60-4.
51. Romero-Franco N, Jimenez-Reyes P, Castano-Zambudio A, Capelo-Ramírez F, Rodríguez-Juan JJ, González-Hernández J, et al. Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app: Comparison with existing reference methods. *Eur J Sport Sci.* 2017;17(4):386-92.



## ANATOMÍA DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO

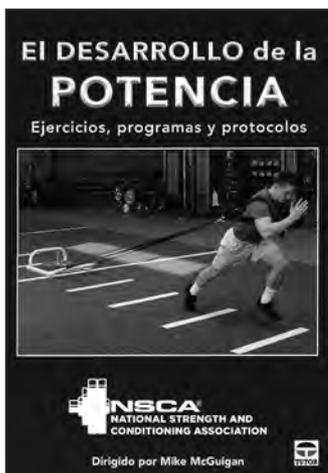
Por: Derek Hansen y Steve Kennelly  
 Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.  
 Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.  
 Telf. 915 599 832 - Fax: 915 410 235  
 E-mail: [info@edicionestutor.com](mailto:info@edicionestutor.com) Web: [www.edicionestutor.com](http://www.edicionestutor.com)  
 Madrid 2018, 264 páginas, P.V.P: 29,95 euros

Los deportistas y entrenadores de alto nivel utilizan el entrenamiento pliométrico para mejorar la potencia, la agilidad, la velocidad, la fuerza, el control corporal, el equilibrio y el rendimiento deportivo en general. Con esta guía acreditada sobre el entrenamiento pliométrico, se pueden aprender los ejercicios más eficaces y mejorar los resultados. En total se

describen con detalle 94 ejercicios pliométricos, además de 78 variantes que suponen un aumento de la dificultad para continuar mejorando a lo largo del tiempo. En este se recoge todo: ejercicios bilaterales, unilaterales, para el core y ejercicios pliométricos combinados.

Lo más interesante es que se puede ir más allá de las instrucciones para

realizar un ejercicio y ver los músculos en acción. Cada ejercicio se ilustra con dibujos anatómicos detallados que muestran cómo los músculos interactúan con las articulaciones y otras estructuras esqueléticas adyacentes. Se pueden aprender cómo las variantes, progresiones y secuencias de ejercicios afectan a la mejora y la recuperación y, por tanto, al rendimiento.



## EL DESARROLLO DE LA POTENCIA

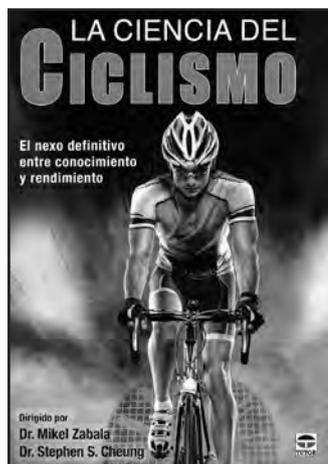
Por: National Strength and Conditioning Association (NSCA)  
 Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.  
 Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.  
 Telf. 915 599 832 - Fax: 915 410 235  
 E-mail: [info@edicionestutor.com](mailto:info@edicionestutor.com) Web: [www.edicionestutor.com](http://www.edicionestutor.com)  
 Madrid 2018, 288 páginas, P.V.P: 25 euros

Avalado por la NSCA, este libro es el recurso definitivo para el desarrollo de la potencia deportiva. Se incluyen: protocolos de evaluación para probar saltos, lanzamientos y ejercicios balísticos; instrucciones paso a paso de ejercicios de potencia para el tren superior, inferior y todo el cuerpo; orientación de cómo agregar progresiones con segu-

ridad y efectividad para un desarrollo continuado; múltiples métodos de entrenamiento, como el entrenamiento explosivo con pesas, los levantamientos olímpicos y la pliometría; y programas para 12 de los deportes más populares.

El lector encontrará recomendaciones basadas en las investigaciones de los principales expertos mundiales

sobre la materia y también los ejercicios, programas y protocolos que están utilizándose en los más altos niveles del deporte y el rendimiento. La NSCA cuenta con más de 30.000 miembros en 72 países y es líder en investigación y formación de profesionales en entrenamiento de fuerza y acondicionamiento físico.



## LA CIENCIA DEL CICLISMO

Por: Mikel Zabala y Stephen S. Cheung  
 Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.  
 Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.  
 Telf. 915 599 832 - Fax: 915 410 235  
 E-mail: [info@edicionestutor.com](mailto:info@edicionestutor.com) Web: [www.edicionestutor.com](http://www.edicionestutor.com)  
 Madrid 2018, 656 páginas, P.V.P: 49,95 euros

Por fin ha llegado la fuente autorizada que los ciclistas serios llevan tanto tiempo esperando. La mezcla perfecta de principios científicos y su aplicación práctica. Este libro introduce al lector en este deporte, tanto en la sala de entrenamiento como en el laboratorio de investigación, el circuito, la pista o la carretera. Es una obra colectiva dirigida por los doctores Mikel Zabala y Stephen Cheung, científicos especializados en este deporte; y es la guía más conveniente para comprender los principios

científicos y tecnológicos en que se sostiene la práctica ciclista.

Incluye: colaboraciones de 43 destacados científicos y entrenadores de ciclismo de todo el mundo; las últimas ideas sobre el interfaz ciclista-máquina, incluidos temas tales como ajuste de la bicicleta, aerodinámica, biomecánica y técnica de pedaleo; información sobre los factores ambientales estresantes, como el calor, la altitud y la contaminación atmosférica; una visión sobre problemas de salud tales como la nutrición durante

la práctica ciclista y en el resto de la vida del deportista, lesiones comunes, fatiga, sobreentrenamiento y recuperación; ayuda en la planificación de programas de entrenamiento, incluidos el empleo de potenciómetro, gestión de los datos ciclistas, entrenamiento complementario, estiramientos específicos para ciclismo y entrenamiento mental; y las últimas técnicas de entrenamiento y competición, como teorías sobre establecimiento de ritmos y estrategias para pruebas de carretera, pista, BTT, BMX y ultradistancia.

2018		
<b>55° Congreso Argentino de Ortopedia y Traumatología</b>	1-4 Noviembre Rosario-Santa Fe (Argentina)	web: <a href="http://congresoaaot.org.ar/">http://congresoaaot.org.ar/</a>
<b>VII Congreso Asociación Hispanoamericana de Médicos del Fútbol</b>	3-4 Noviembre Lima (Perú)	web: <a href="http://hispamef.com/">http://hispamef.com/</a>
<b>2as Jornadas Nacionales SETRADE</b>	8-9 Noviembre Vitoria	web: <a href="http://www.setrade.org">www.setrade.org</a>
<b>7º Congreso Mundial del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad</b>	8-10 Noviembre A Coruña	web: <a href="http://www.sportis.es/congresos">www.sportis.es/congresos</a>
<b>XVIII Congreso latinoamericano de Nutrición (SLAN) 2018</b>	11-15 Noviembre Guadalajara (México)	web: <a href="http://www.slaninternacional.org">www.slaninternacional.org</a>
<b>CIENMEDE 2018 - Ciencias Aplicadas a la Medicina del Deporte</b>	12 -15 Noviembre La Habana (Cuba)	web: <a href="http://www.cienmedecuba.com/">www.cienmedecuba.com/</a>
<b>6th Medica Medicine + Sports Conference</b>	13-14 Noviembre Dusseldorf (Alemania)	web: <a href="http://www.medicine-and-sports.com">www.medicine-and-sports.com</a>
<b>4th International Conference on Sports Medicine and Fitness</b>	14-16 Noviembre Edimburgo (Reino Unido)	web: <a href="https://sports.conferenceseries.com/">https://sports.conferenceseries.com/</a>
<b>50 Congresso Brasileiro de Ortopedia e Traumatologia</b>	15-17 Noviembre Rio de Janeiro (Brasil)	<a href="http://cbot2018.com.br/">http://cbot2018.com.br/</a>
<b>X Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte</b>	21-23 Noviembre La Coruña	web: <a href="http://www.aecdcoruna2018.com">www.aecdcoruna2018.com</a>
<b>XII World Congress on Mountain Medicine</b>	21-24 Noviembre Kathmandu (Nepal)	web: <a href="http://ismm2018.org/">http://ismm2018.org/</a>
<b>XVII Congreso Nacional de la SEMED-FEMEDE</b>	29 Noviembre-1 Diciembre Toledo	web: <a href="http://www.femedes.es">www.femedes.es</a>
<b>5th International Conference of Physical Education and Sports Science</b>	4-6 Diciembre Cappadocia (Turquía)	web: <a href="https://icpess2018.nevsehir.edu.tr/">https://icpess2018.nevsehir.edu.tr/</a>
<b>2nd International Conference on Sports Medicine &amp; Sports Sciences</b>	5-7 Diciembre Nueva Delhi (India)	E-mail: <a href="mailto:saicon2delhi2018@gmail.com">saicon2delhi2018@gmail.com</a>
<b>XXV Congreso Mexicano de Física y Rehabilitación y el 2º Congreso Internacional "Actualización en Rehabilitación" 2018</b>	5-8 Diciembre Cancún (México)	web: <a href="http://congresorehabilitacion2018.mx/">http://congresorehabilitacion2018.mx/</a>
2019		
<b>I Congreso Internacional de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, "Retos actuales y futuros de la Actividad Física y el Deporte"</b>	24-26 Enero Torrent (Valencia)	web: <a href="https://www.ucv.es/">https://www.ucv.es/</a>
<b>BKAM 2019: Barcelona associated Knee Meeting</b>	6-9 Febrero Barcelona	web: <a href="http://www.bkam.info">www.bkam.info</a>
<b>9th Annual Sports Medicine Winter Summit</b>	6-10 Marzo Park City, Utah (EEUU)	web: <a href="https://www.cmtravel.com/conferences/sports-medicine-summit-2/">https://www.cmtravel.com/conferences/sports-medicine-summit-2/</a>

## Agenda

<b>XVI Congreso Nacional de Psicología de la Act. Física y del Deporte</b>	13-16 Marzo Zaragoza	web: <a href="http://www.psicologiadeporte.org">www.psicologiadeporte.org</a>
<b>7th International Conference &amp; Exhibition on Physiotherapy &amp; Physical Rehabilitation</b>	25-26 Marzo Roma (Italia)	web: <a href="https://physiotherapy.annualcongress.com/">https://physiotherapy.annualcongress.com/</a>
<b>8th World Congress on Physical Medicine and Rehabilitation</b>	25-26 Marzo Sidney (Australia)	web: <a href="https://rehabilitation.conferenceseries.com/">https://rehabilitation.conferenceseries.com/</a>
<b>XXXVI Congresso FMSI: "Età biologica, età anagrafica"</b>	27-29 Marzo Roma (Italia)	web: <a href="http://www.fmsi.it/">www.fmsi.it/</a>
<b>XVII Congreso de la Asociación Argentina de Traumatología del Deporte</b>	11-12 Abril Buenos Aires (Argentina)	web: <a href="http://aatd.org.ar/">http://aatd.org.ar/</a>
<b>2019 AMSSM Annual Meeting</b>	12-17 Abril Houston (EEUU)	web: <a href="https://www.amssm.org/">https://www.amssm.org/</a>
<b>XIII Congreso de SETRADE</b>	25-26 Abril Palma de Mallorca	E-mail: <a href="mailto:sanicongress@setrade.org">sanicongress@setrade.org</a> web: <a href="http://www.setrade.org/">http://www.setrade.org/</a>
<b>XXVIII Isokinetic Medical Group Conference: "Football Medicine meets the universe of sport"</b>	27-29 Abril Londres (Reino Unido)	web: <a href="http://www.footballmedicinesstrategies.com/en/2019-wembley/3988/482/">http://www.footballmedicinesstrategies.com/en/2019-wembley/3988/482/</a>
<b>The International Conference on Sport, Education &amp; Psychology</b>	2-3 Mayo Bucarest (Rumanía)	web: <a href="http://www.futureacademy.org.uk">www.futureacademy.org.uk</a>
<b>1er Congreso Internacional de Podología Deportiva</b>	10-11 Mayo Plasencia (Cáceres)	web: <a href="http://www.sepod.es">www.sepod.es</a>
<b>3rd International Conference Sport, Recreation, Health</b>	10-11 Mayo Belgrado (Serbia)	E-mail: <a href="mailto:conference@vss.edu.rs">conference@vss.edu.rs</a>
<b>12th Biennial ISAKOS</b>	12-16 Mayo Cancún (México)	web: <a href="http://www.isakos.com">www.isakos.com</a>
<b>22nd International Symposium on Adapted Physical Activity (ISAPA)</b>	14-18 Junio Charlottesville (EE.UU.)	web: <a href="http://isapa2019.org">http://isapa2019.org</a>
<b>XL Juegos Mundiales de la Medicina-International Sports Medicine Symposium</b>	22-29 Junio Budva (Montenegro)	web: <a href="http://www.medigames.com">http://www.medigames.com</a>
<b>VIII Congreso Iberoamericano de Nutrición</b>	3-5 Julio Pamplona	web: <a href="http://www.academianutricionydietetica.org/congreso.php?id=7#">http://www.academianutricionydietetica.org/congreso.php?id=7#</a>
<b>24th Annual Congress of the European College of Sport Science</b>	3-6 Julio Praga (Rep. Checa)	E-mail: <a href="mailto:office@sport-science.org">office@sport-science.org</a>
<b>13th Congreso Mundial de la International Society of Physical and Rehabilitation Medicine</b>	9-13 Julio Kobe (Japón)	web: <a href="http://www.isprm.org">http://www.isprm.org</a>
<b>2nd International Conference on Physical Education, Sports Medicine and Doping Studies</b>	15-16 Julio Sídney (Australia)	web: <a href="https://sportsmedicine.conferenceseries.com/">https://sportsmedicine.conferenceseries.com/</a>

<b>9th VISTA Conference</b>	4-7 Septiembre Amsterdam (Países Bajos)	web: <a href="http://www.paralympic.org/news/amsterdam-host-vista-2019">www.paralympic.org/news/amsterdam-host-vista-2019</a>
<b>Congress on Healthy and Active Children</b>	11-14 Septiembre Verona (Italia)	Web: <a href="http://i-mdrc.com/fourth-assembly/">http://i-mdrc.com/fourth-assembly/</a>
<b>14th International Congress of shoulder and elbow surgery (ICSES)</b>	17-20 Septiembre Buenos Aires (Argentina)	web: <a href="http://www.icses2019.org">www.icses2019.org</a>
<b>IX Congreso de la Sociedad Cubana de Medicina Física y Rehabilitación</b>	1-4 Octubre La Habana (Cuba)	web: <a href="http://www.rehabilitacioncuba.com">http://www.rehabilitacioncuba.com</a>
<b>11th European Congress on Sports Medicine</b>	3-5 Octubre Portoroze (Eslovenia)	web: <a href="http://www.efsm.eu">http://www.efsm.eu</a>
<b>5th World Conference on Doping in Sport</b>	5-7 Noviembre Katowice (Polonia)	web: <a href="http://www.wada-ama.org">http://www.wada-ama.org</a>
<b>26th World Congress TAFISA</b>	13-17 Noviembre Tokyo (Japón)	web: <a href="http://www.tafisa.org">www.tafisa.org</a>
<b>10th Annual International Conference: Physical Education Sport &amp; Health</b>	23-24 Noviembre Pitesti (Rumanía)	web: <a href="http://sportconference.ro/">http://sportconference.ro/</a>
<b>2020</b>		
<b>14th ISPRM World Congress – ISPRM 2020</b>	4-9 Marzo Orlando (EE.UU.)	web: <a href="http://www.isprm.org/congress/14th-isprm-world-congress">http://www.isprm.org/congress/14th-isprm-world-congress</a>
<b>IOC World Conference Prevention of Injury &amp; Illness in Sport</b>	12-14 Marzo Mónaco (Principado de Mónaco)	web: <a href="http://ioc-preventionconference.org/">http://ioc-preventionconference.org/</a>
<b>25th Annual Congress of the European College of Sport Science</b>	1-4 Julio Sevilla	E-mail: <a href="mailto:office@sport-science.org">office@sport-science.org</a>
<b>International Congress of Dietetics</b>	15-18 Septiembre Cape Town (Sudáfrica)	web: <a href="http://www.icda2020.com/">http://www.icda2020.com/</a>
<b>XXXVI Congreso Mundial de Medicina del Deporte</b>	24-27 Septiembre Atenas (Grecia)	web: <a href="http://www.globalevents.gr">www.globalevents.gr</a>
<b>26th TAFISA World Congress</b>	13-17 Noviembre Tokyo (Japón)	web: <a href="http://www.icsspe.org/sites/default/files/e9_TAFISA%20World%20Congress%202019_Flyer.pdf">www.icsspe.org/sites/default/files/e9_TAFISA%20World%20Congress%202019_Flyer.pdf</a>
<b>2021</b>		
<b>26th Annual Congress of the European College of Sport Science</b>	7-10 Julio Glasgow (Reino Unido)	E-mail: <a href="mailto:office@sport-science.org">office@sport-science.org</a>
<b>22nd International Congress of Nutrition (ICN)</b>	14-19 Septiembre Tokyo (Japón)	web: <a href="http://icn2021.org/">http://icn2021.org/</a>
<b>European Federation of Sports Medicine Associations (EFSMA) Conference 2021</b>	28-30 Octubre Budapest (Hungria)	web: <a href="http://efsma.eu/">http://efsma.eu/</a>
<b>Congreso Mundial de Psicología del Deporte</b>	Taipei (Taiwan)	
<b>Congreso Mundial de Podología</b>	Barcelona	web: <a href="https://cgcop.es/newweb/eventos/">https://cgcop.es/newweb/eventos/</a>

## **Curso "ENTRENAMIENTO, RENDIMIENTO, PREVENCIÓN Y PATOLOGÍA DEL CICLISMO"**

Curso dirigido a los titulados de las diferentes profesiones sanitarias y a los titulados en ciencias de la actividad física y el deporte, destinado al conocimiento de las prestaciones y rendimiento del deportista, para que cumpla con sus expectativas competitivas y de prolongación de su práctica deportiva, y para que la práctica deportiva minimice las consecuencias que puede tener para su salud, tanto desde el punto de vista médico como lesional.

## **Curso "ELECTROCARDIOGRAFÍA PARA MEDICINA DEL DEPORTE"**

ACREDITADO POR LA COMISIÓN DE FORMACIÓN CONTINUADA (ON-LINE 1/5/2018 A 1/5/2019) CON 2,93 CRÉDITOS

Curso dirigido a médicos destinado a proporcionar los conocimientos específicos para el estudio del sistema cardiocirculatorio desde el punto de vista del electrocardiograma (ECG).

## **Curso "FISIOLOGÍA Y VALORACIÓN FUNCIONAL EN EL CICLISMO"**

Curso dirigido a los titulados de las diferentes profesiones sanitarias y a los titulados en ciencias de la actividad física y el deporte, destinado al conocimiento profundo de los aspectos fisiológicos y de valoración funcional del ciclismo.

## **Curso "AYUDAS ERGOGÉNICAS"**

Curso abierto a todos los interesados en el tema que quieren conocer las ayudas ergogénicas y su utilización en el deporte.

## **Curso "CARDIOLOGÍA DEL DEPORTE"**

ACREDITADO POR LA COMISIÓN DE FORMACIÓN CONTINUADA (ON-LINE 1/5/2018 A 1/5/2019) CON 6,60 CRÉDITOS

Curso dirigido a médicos destinado a proporcionar los conocimientos específicos para el estudio del sistema cardiocirculatorio desde el punto de vista de la actividad física y deportiva, para diagnosticar los problemas cardiovasculares que pueden afectar al deportista, conocer la aptitud cardiológica para la práctica deportiva, realizar la prescripción de ejercicio y conocer y diagnosticar las enfermedades cardiovasculares susceptibles de provocar la muerte súbita del deportista y prevenir su aparición.

## **Curso "ALIMENTACIÓN, NUTRICIÓN E HIDRATACIÓN EN EL DEPORTE"**

Curso dirigido a médicos destinado a facilitar al médico relacionado con la actividad física y el deporte la formación precisa para conocer los elementos necesarios para la obtención de los elementos energéticos necesarios para el esfuerzo físico y para prescribir una adecuada alimentación del deportista.

## **Curso "ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN EL DEPORTE"**

Curso dirigido a los titulados de las diferentes profesiones sanitarias (existe un curso específico para médicos) y para los titulados en ciencias de la actividad física y el deporte, dirigido a facilitar a los profesionales relacionados con la actividad física y el deporte la formación precisa para conocer los elementos necesarios para la obtención de los elementos energéticos necesarios para el esfuerzo físico y para conocer la adecuada alimentación del deportista.

## **Curso "ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN EL DEPORTE" Para Diplomados y Graduados en Enfermería**

ACREDITADO POR LA COMISIÓN DE FORMACIÓN CONTINUADA (NO PRESENCIAL 15/12/2015 A 15/12/2016) CON 10,18 CRÉDITOS

Curso dirigido a facilitar a los Diplomados y Graduados en Enfermería la formación precisa para conocer los elementos necesarios para la obtención de los elementos energéticos necesarios para el esfuerzo físico y para conocer la adecuada alimentación del deportista.

## **Curso "CINEANTROPOMETRÍA PARA SANITARIOS"**

Curso dirigido a sanitarios destinado a adquirir los conocimientos necesarios para conocer los fundamentos de la cineantropometría (puntos anatómicos de referencia, material antropométrico, protocolo de medición, error de medición, composición corporal, somatotipo, proporcionalidad) y la relación entre la antropometría y el rendimiento deportivo.

## **Curso "CINEANTROPOMETRÍA"**

Curso dirigido a todas aquellas personas interesadas en este campo en las Ciencias del Deporte y alumnos de último año de grado, destinado a adquirir los conocimientos necesarios para conocer los fundamentos de la cineantropometría (puntos anatómicos de referencia, material antropométrico, protocolo de medición, error de medición, composición corporal, somatotipo, proporcionalidad) y la relación entre la antropometría y el rendimiento deportivo.

Más información:  
[www.femede.es](http://www.femede.es)

# Normas de publicación de Archivos de Medicina del Deporte

La Revista ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE (A.M.D.) con ISSN 0212-8799 es la publicación oficial de la Federación Española de Medicina del Deporte. Edita trabajos originales sobre todos los aspectos relacionados con la Medicina y las Ciencias del Deporte desde 1984 de forma ininterrumpida con una periodicidad trimestral hasta 1995 y bimestral a partir de esa fecha. Se trata de una revista que utiliza fundamentalmente el sistema de revisión externa por dos expertos (peer-review). Incluye de forma regular artículos sobre investigación clínica o básica, revisiones, artículos o comentarios editoriales, y cartas al editor. Los trabajos podrán ser publicados EN ESPAÑOL O EN INGLÉS. La remisión de trabajos en inglés será especialmente valorada.

En ocasiones se publicarán las comunicaciones aceptadas para presentación en los Congresos de la Federación.

Los artículos Editoriales se publicarán sólo previa solicitud por parte del Editor.

Los trabajos admitidos para publicación quedarán en propiedad de FEMEDE y su reproducción total o parcial deberá ser convenientemente autorizada. Todos los autores de los trabajos deberán enviar por escrito una carta de cesión de estos derechos una vez que el artículo haya sido aceptado.

## Envío de manuscritos

1. Los trabajos deberán ser remitidos, a la atención del Editor Jefe, escritos a doble espacio en hoja DIN A4 y numerados en el ángulo superior derecho. Se recomienda usar formato Word, tipo de letra Times New Roman tamaño 12. Deberán enviarse por correo electrónico a la dirección de FEMEDE: femede@femede.es.
2. En la primera página figurarán exclusivamente y por este orden los siguientes datos: título del trabajo (español e inglés), nombre y apellidos de los autores en este orden: primer nombre, inicial del segundo nombre si lo hubiere, seguido del primer apellido y opcionalmente el segundo de cada uno de ellos; titulación oficial y académica, centro de trabajo, dirección completa y dirección del correo electrónico del responsable del trabajo o del primer autor para la correspondencia. También se incluirán los apoyos recibidos para la realización del estudio en forma de becas, equipos, fármacos... Se adjuntará una carta en la que el primer autor, en representación de todos los firmantes del estudio, efectúa la cesión de los derechos de reproducción total o parcial sobre el artículo, en caso de ser aceptado para ser publicado. Además, en documento adjunto, el responsable del envío propondrá un máximo de cuatro revisores que el editor podrá utilizar si

lo considera necesario. De los propuestos, uno al menos será de nacionalidad diferente del responsable del trabajo. No se admitirán revisores de instituciones de los firmantes del trabajo.

3. En la segunda página figurará el resumen del trabajo en español e inglés, que tendrá una extensión de 250-300 palabras. Incluirá la intencionalidad del trabajo (motivo y objetivos de la investigación), la metodología empleada, los resultados más destacados y las principales conclusiones. Ha de estar redactado de tal modo que permita comprender la esencia del artículo sin leerlo total o parcialmente. Al pie de cada resumen se especificarán de tres a diez palabras clave en castellano e inglés (keyword), derivadas del *Medical Subject Headings* (MeSH) de la *National Library of Medicine* (disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html>).
4. La extensión del texto variará según la sección a la que vaya destinado:
  - a. Originales: máximo de 5.000 palabras, 6 figuras y 6 tablas.
  - b. Revisiones de conjunto: máximo de 5.000 palabras, 5 figuras y 4 tablas. En caso de necesitar una mayor extensión se recomienda comunicarse con el Editor de la revista.
  - c. Editoriales: se realizarán por encargo del comité de redacción.
  - d. Cartas al Editor: máximo 1.000 palabras.
5. Estructura del texto: variará según la sección a la que se destine:
  - a. **ORIGINALES:** Constará de una introducción, que será breve y contendrá la intencionalidad del trabajo, redactada de tal forma que el lector pueda comprender el texto que le sigue.  
**Material y método:** Se expondrá el material utilizado en el trabajo, humano o de experimentación, sus características, criterios de selección y técnicas empleadas, facilitando los datos necesarios, bibliográficos o directos, para que la experiencia relatada pueda ser repetida por el lector. Se describirán los métodos estadísticos con detalle.  
**Resultados:** Relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y método empleados. Estos datos pueden publicarse en detalle en el texto o bien en forma de tablas y figuras. No se debe repetir en el texto la información de las tablas o figuras.  
**Discusión:** Los autores expondrán sus opiniones sobre los resultados, posible interpretación de los mismos, relacionando las propias observaciones con los resultados obtenidos por otros autores en publicaciones similares, sugerencias para futuros trabajos sobre el tema, etc. Se enlazarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones gratuitas y conclusiones no apoyadas por los datos del trabajo. Los agradecimientos figurarán al final del texto.

## Normas de publicación

- b. **REVISIONES DE CONJUNTO:** El texto se dividirá en todos aquellos apartados que el autor considere necesarios para una perfecta comprensión del tema tratado.
- c. **CARTAS AL EDITOR:** Tendrán preferencia en esta Sección la discusión de trabajos publicados en los dos últimos números con la aportación de opiniones y experiencias resumidas en un texto de 3 hojas tamaño DIN A4.
- d. **OTRAS:** Secciones específicas por encargo del comité editorial de la revista.
6. **Bibliografía:** Se presentará en hojas aparte y se dispondrá según el orden de aparición en el texto, con la correspondiente numeración correlativa. En el texto del artículo constará siempre la numeración de la cita entre paréntesis, vaya o no vaya acompañado del nombre de los autores; cuando se mencione a éstos en el texto, si se trata de un trabajo realizado por dos, se mencionará a ambos, y si son más de dos, se citará el primero seguido de la abreviatura "et al.". No se incluirán en las citas bibliográficas comunicaciones personales, manuscritos o cualquier dato no publicado.

La citación oficial de la revista Archivos de Medicina del Deporte es Arch Med Deporte.

Las citas bibliográficas se expondrán del modo siguiente:

- **Revista:** número de orden; apellidos e inicial del nombre de los autores del artículo sin puntuación y separados por una coma entre sí (si el número de autores es superior a seis, se incluirán los seis primeros añadiendo a continuación *et al.*); título del trabajo en la lengua original; título abreviado de la revista, según el World Medical Periodical; año de la publicación; número de volumen; página inicial y final del trabajo citado. Ejemplo: 1. Calbet JA, Radegran G, Boushel R, Saltin B. On the mechanisms that limit oxygen uptake during exercise in acute and chronic hypoxia: role of muscle mass. *J Physiol.* 2009;587:477-90.

- **Capítulo en libro:** Autores, título del capítulo, editores, título del libro, ciudad, editorial, año y páginas. Ejemplo: Iselin E. Maladie de Kienbock et Syndrome du canal carpien. En: Simon L, Alieu Y. *Poignet et Medecine de Reeducation.* Londres: Collection de Pathologie Locomotrice Masson; 1981. p. 162-6.

- **Libro.** Autores, título, ciudad, editorial, año de la edición, página de la cita. Ejemplo: Balius R. *Ecografía muscular de la extremidad inferior. Sistemática de exploración y lesiones en el deporte.* Barcelona. Editorial Masson; 2005. p. 34.

- **Material electrónico, artículo de revista electrónica:** Ejemplo: Morse SS. Factors in the emergence of infectious diseases. *Emerg Infect Dis.* (revista electrónica) 1995 JanMar (consultado 0501/2004).

Disponible en: <http://www.cdc.gov/ncidod/EID/eid.htm>

7. **Tablas y Figuras:** Las tablas y figuras se enviarán en archivos independientes en formato JPEG. Las tablas también se enviarán en formato word.

Las tablas serán numeradas según el orden de aparición en el texto, con el título en la parte superior y las abreviaturas descritas en la parte inferior. Todas las abreviaturas no estándar que se usen en las tablas serán explicadas en notas a pie de página.

Cualquier tipo de gráficos, dibujos y fotografías serán denominados figuras. Deberán estar numeradas correlativamente según el orden de aparición en el texto y se enviarán en blanco y negro (excepto en aquellos trabajos en que el color esté justificado). La impresión en color tiene un coste económico que tiene que ser consultado con el editor.

Tanto las tablas como las figuras se numerarán con números arábigos según su orden de aparición en el texto.

En el documento de texto, al final, se incluirán las leyendas de las tablas y figuras en hojas aparte.

8. La Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE comunicará la recepción de los trabajos enviados e informará con relación a la aceptación y fecha posible de su publicación.
9. ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE, oídas las sugerencias de los revisores (la revista utiliza el sistema de corrección por pares), podrá rechazar los trabajos que no estime oportunos, o bien indicar al autor aquellas modificaciones de los mismos que se juzguen necesarias para su aceptación.
10. La Dirección y Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE no se responsabiliza de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores de sus trabajos.
11. Envío de los trabajos: ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE. Por correo electrónico a la dirección de FEMEDE: [femede@femede.es](mailto:femede@femede.es). El envío irá acompañado de una carta de presentación en la que se solicite el examen del trabajo para su publicación en la Revista, se especifique el tipo de artículo que envía y se certifique por parte de todos los autores que se trata de un original que no ha sido previamente publicado total o parcialmente.

## Conflicto de intereses

Cuando exista alguna relación entre los autores de un trabajo y cualquier entidad pública o privada de la que pudiera derivarse un conflicto de intereses, debe de ser comunicada al Editor. Los autores deberán cumplimentar un documento específico.

## Ética

Los autores firmantes de los artículos aceptan la responsabilidad definida por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas <http://www.wame.org/> (*World Association of Medical Editors*).

Los trabajos que se envían a la Revista ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE para evaluación deben haberse elaborado respetando las recomendaciones internacionales sobre investigación clínica y con animales de laboratorio, ratificados en Helsinki y actualizadas en 2008 por la Sociedad Americana de Fisiología (<http://www.wma.net/es/10home/index.html>).

Para la elaboración de ensayos clínicos controlados deberá seguirse la normativa CONSORT, disponible en: <http://www.consort-statement.org/>.



**UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia**

Campus de los Jerónimos,  
Nº 135 Guadalupe 30107

(Murcia) - España

Tlf: (+34)968 27 88 01 · [info@ucam.edu](mailto:info@ucam.edu)



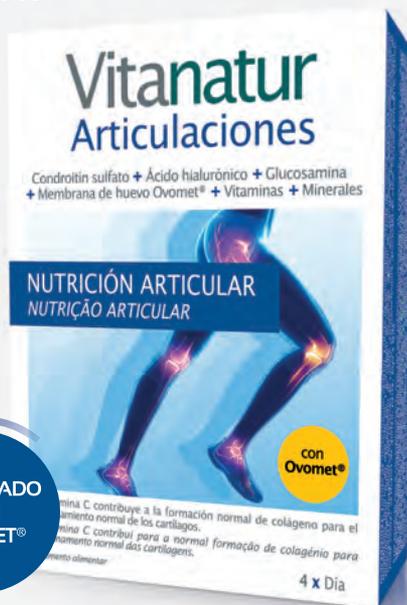
**UCAM**  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE MURCIA

# Vitanatur

## Articulaciones

Condroitín sulfato + ácido hialurónico +  
glucosamina + membrana de huevo Ovomet®  
+ vitaminas + Minerales

Ciencia y activos de origen natural  
para **la nutrición articular.**



FORMULADO  
CON  
OVOMET®

La vitamina C contribuye a la formación normal de colágeno para el mantenimiento normal de los cartílagos.  
La vitamina C contribuye para a normal formação de colágeno para o manutenção normal das cartilagens.  
4 x Día

Estuche con  
120 comprimidos  
CN. 184570.2

aparato locomotor



Vitanatur articulaciones es un complemento alimenticio indicado para personas con riesgo de desgaste articular debido a la edad, sobrepeso, sobreuso (deportistas) u otras causas.

### 1 LOS INGREDIENTES DE VITANATUR ARTICULACIONES TIENEN UNA ACCIÓN A 3 NIVELES:

- Nutrición Articular<sup>1-5</sup>
- Dolor<sup>6-9</sup>
- Inflamación<sup>9</sup>

### 2 FÓRMULA ÚNICA Y COMPLETA

Formulado a base de **condroitín sulfato, glucosamina y ácido hialurónico en dosis efectivas**, vitaminas, minerales y un innovador ingrediente: **Ovomet®**.

### 3 OVOMET® HA DEMOSTRADO SU ACCIÓN SOBRE LA INFLAMACIÓN, RIGIDEZ Y DOLOR ARTICULAR<sup>6-9</sup>

La membrana de huevo Ovomet® se caracteriza por:

- **Rapidez.** Resultados en 10 días.
- **Eficacia demostrada** en estudios clínicos.
- **Seguridad.** Ingrediente 100% natural.

1. Clegg DO, Reda DJ et al. Glucosamine, chondroitin sulfate, and the two in combination for painful knee osteoarthritis. N Engl J Med. 2006 Feb 23;354(8):795-808. 2. Márcia Uchôa de Rezende, Riccardo Gomes Gobbi. Drug therapy in knee osteoarthritis. Rev Bras Ortop. 2009;44(1):14-9. 3. André Kahan, Daniel Uebelhart, et al. Long-Term Effects of Chondroitins 4 and 6 Sulfate on Knee Osteoarthritis. Arthritis Rheum. 2009 Feb;60(2):524-33. doi: 10.1002/art.24255. 4. B. Zegels, P. Crozes, et al. Equivalence of a singledose (1200mg) compared to a three time a day dose (400mg) of chondroitin 4&6 sulfate in patients with kneeosteoarthritis. Results of a randomized double blind placebo controlled study. OsteoarthritisCartilage.2013-Jan;21(1):22-7. 5. Mariko Oe, Toshiyuki Tashiro, et al. Oral hyaluronan relieves knee pain: a review. Oe et al. Nutrition Journal (2016) 15:11. 6. OVOMET egg membrane for the treatment of knee and hip associated joint pain and stiffness in Runners. Eggnovo. January 2015. 7. OVOMET egg membrane for the treatment of knee, hip and upper extremity associated joint pain and stiffness in CrossFit practitioners. Eggnovo. January 2015. 8. OVOMET egg membrane for the treatment of knee and hip associated joint pain and stiffness. A human efficacy pilot study. Eggnovo. January 2015. 9. Eudald Toralles. The efficacy in osteoarthritic dogs. Sentmenat Veterinary Clinic. March 2016. Eggnovo