

## Estimación de la fatiga muscular mediante simulación por ordenador

Florian Michaud<sup>1\*</sup>, Gonzalo Márquez<sup>2</sup>, José Rendón<sup>1</sup>, Santiago Beron<sup>1</sup>, Urbano Lugrís<sup>1</sup>,  
Manuel A. Giraldez-García<sup>3</sup>, Javier Cuadrado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lab. de Ingeniería Mecánica, Campus Industrial de Ferrol, Universidade da Coruña

<sup>2</sup>Performance and Health Group, Fac. de Ciencias del Deporte y la Educación Física,  
Universidade da Coruña

<sup>3</sup>Grupo de Aprendizaje y Control del Movimiento Humano en Actividad Física y  
Deporte, Fac. de Ciencias del Deporte y la Educación Física, Universidade da Coruña

\*e-mail: [florian.michaud@udc.es](mailto:florian.michaud@udc.es)

**Palabras clave:** modelo de fuerza muscular, modelo de fatiga muscular, simulación de movimiento por ordenador.

**Introducción.** El modelado computacional del cuerpo humano y la simulación de su movimiento proporcionan una alternativa útil para estimar las fuerzas generadas en diversas actividades humanas (U. LUGRIS et al., 2024). Sin embargo, hasta ahora, pocos estudios han considerado la fatiga muscular en estas simulaciones. En tareas de alta intensidad, donde es probable que se reduzca la fuerza muscular, resulta esencial combinar modelos de fatiga con modelos de fuerza muscular y distribución de carga. Estas simulaciones pueden ser muy útiles en estudios que requieren estimaciones de fuerza muscular a lo largo del tiempo, como en rehabilitación y en la prevención de lesiones deportivas o laborales.

**Método.** En este trabajo se implementó un modelo novedoso de fatiga muscular (F. Michaud et al., 2024) que distingue entre fatiga a corto plazo (inhibición metabólica) y a largo plazo (fatiga central y microtraumas), estimando su evolución y recuperación. Para validarlo, se realizaron mediciones experimentales durante ejercicios de corta y larga duración con descansos. Siete sujetos (4 hombres, 3 mujeres; edad  $31 \pm 5$  años; estatura  $175 \pm 10$  cm; peso  $65 \pm 15$  kg) realizaron contracciones isométricas máximas de flexión de codo, evaluadas con un medidor de fuerza (Phidgets Micro Load Cell 0–50 kg, 100 Hz).

**Resultados.** El nuevo modelo mostró una buena correlación con las mediciones de ambas sesiones. Se obtuvieron un error medio total y un error de estimación de recuperación de sólo 5.1% y 4.4%, respectivamente, entre los resultados medidos y simulados en todos los sujetos.

**Conclusiones.** La estimación de la fatiga muscular mediante simulación computacional mostró un gran potencial y puede resultar muy útil en aplicaciones donde se prevea una disminución de la fuerza durante el ejercicio.

### Referencias

U. LUGRIS, M. PEREZ-SOTO, F. MICHAUD, J. CUADRADO. Human Motion Capture, Reconstruction, and Musculoskeletal Analysis in Real Time. *Multibody System Dynamics*, vol. 60, no. 1, pp. 3-25, 2024.

F. MICHAUD, S. BERON, U. LUGRIS, J. CUADRADO. Four-compartment Muscle Fatigue Model to Predict Metabolic Inhibition and Long-lasting Nonmetabolic Components. *Frontiers in Physiology*, vol. 15, article 1366172, 11 pages, 2024.