

DESARROLLO DE UNA “CADENA DE MEDIDA” PARA ANALIZAR LA INTERVENCIÓN MUSCULAR EN EL TIRO CON ARCO PARA DISCAPACITADOS FÍSICOS.

*Bote García, A; Pulido Gil, J. M; Ferrera Llera, C
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Extremadura.*

RESUMEN: *El rendimiento en el tiro con arco depende de la capacidad del tirador para reproducir con precisión sus acciones motoras durante la fase de tracción – repulsión (TR), manteniendo la tensión en el arco lo menos variable posible. El principal objetivo de este estudio es “poner a punto” una cadena de medida que permita analizar la técnica en el tiro con arco. En este sentido, se ha desarrollado una cadena de medida que incluye un sistema de electromiografía (EMG), sincronizado con un sistema de electrogoniometría (ELG) para determinar la intervención muscular junto con la variación de la postura y el nivel de tensión del arco. Esta cadena de medida puede ser una herramienta muy útil para el análisis de la técnica deportiva en el tiro con arco para discapacitados y la identificación de sus factores que influyen sobre el rendimiento.*

PALABRAS CLAVE: *<análisis biomecánico>, <tiro con arco>, <EMG>.*

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

Aunque los deportes de precisión se consideran minoritarios, en sus modalidades incluidas en los programas olímpico y paralímpico se reparten más de 150 medallas. Concretamente en el tiro con arco hay cuatro modalidades para hombre y cuatro para mujeres. Por otro lado, el crecimiento significativo que se observa tanto en participantes como en políticas activas de apoyo al movimiento paralímpico, justifican la necesidad de desarrollar procesos y herramientas que contribuyan a mejorar el trabajo de los técnicos y de los deportistas. En este sentido, hoy en día, es necesario utilizar sofisticadas técnicas de análisis y evaluación del rendimiento de los deportistas discapacitados de alto nivel, especialmente cuando ellos tienen que competir en igualdad de condiciones con deportistas no discapacitados en concursos internacionales en diferentes modalidades del tiro con arco (“FITA Round”, “Shoot Metric Round” e “Indoor FITA Round”, ISMWSE o ISOD).

Como es conocido la eficacia técnica en el tiro con arco depende de la capacidad del tirador para controlar y reproducir sus acciones motoras regulando la intervención de los músculos, lo que determina la consistencia motora, la estabilidad del sistema tirador - arco para realizar el tiro en condiciones de equilibrio postural y la eficacia de la fase tracción – repulsión que se caracteriza por una situación de equilibrio dinámico entre la fuerza muscular del tirador para tensar el arco (tracción) y la fuerza elástica de la cuerda para adoptar su longitud inicial (repulsión). Durante esta fase tiene lugar simultáneamente la alineación del ojo con la mira y el centro de la diana (puntería) hasta el instante que se suelta la cuerda. La calidad de coordinación de la fase tracción – repulsión con la puntería determina buena parte del resultado del tiro y su prolongación conduce a la aparición de la fatiga muscular local. Estas consideraciones relevantes justifican por que los arqueros intentan, durante la puntería, pasar la carga mecánica a través de las estructuras y elementos pasivos del aparato locomotor restringiendo la intervención de los músculos que controlan las articulaciones.

Así que, en términos biomecánicos, el principal objetivo de la técnica deportiva en el tiro con arco es regular el número de grados de libertad de movimiento en las articulaciones bajo los efectos de la gravedad y en función de las propiedades mecánicas de los tejidos y elementos de las estructuras del aparato locomotor, especialmente las propiedades viscoelásticas de los músculos que estabilizan las articulaciones. El objetivo principal de este estudio es describir el desarrollo de una cadena de medida integrada por un sistema de EMG sincronizado con uno de ELG que permite analizar la intervención muscular en el tiro con arco determinando la relación que existe entre la actividad eléctrica de los músculos y la postura adoptada por los tiradores con discapacidad física.

MATERIAL Y MÉTODO.

La cadena de medida consta de un sistema de electromiografía (EMG) sincronizado con otro de electrogoniometría (ELG) para detectar simultáneamente la variación de la postura y la tensión del arco, así como el nivel de la tensión de los músculos que controlan las articulaciones y definen la consistencia postural. Se usan electrodos de superficie (AgCl) de 5mm de diámetro. Las señales electromiográficas preamplificadas cerca del punto de registro se transmiten a un amplificador diferencial cuya impedancia es superior a 100 Mohm, de ganancia variable (10 – 10000), con el “factor de rechazo al modo común (CRRM)” a los 90 dB y con una respuesta en frecuencia entre 10 Hz y 2 KHz. Para el “filtrado” de los datos se usan filtro “paso - alto” de 10 ó 100 Hz, filtro “paso- bajo” de 300, 1000 y 2000 Hz y un “filtro notch” para eliminar los 50 Hz de la “red”.



Fig. 1. “Cadena de medida” y detalle del arco instrumentado.

La señal de EMG resultante se registra y se almacena para su posterior procesamiento digital en un PC usando una tarjeta de adquisición (DI-200/PGH) de 12bit. La frecuencia máxima de muestreo del sistema es de 50 KHz permitiendo el uso simultáneo de 16 canales distribuidos entre señales EMG y cuatro para señales ELG. El análisis de los datos en el dominio del tiempo y de la frecuencia, así como la parametrización de los registros EMG y ELG se hace en la “toolbox” de tratamiento digital de señales del programa “BiomSoft” desarrollado en el entorno MATLAB 5.3 donde se exportan los ficheros en formato ASCII. Los goniómetros y torsiómetros son ligeros y flexibles de tipo extensométrico, y por tanto, ideales para obtener medidas externas rápidas y precisas del movimiento de las articulaciones en

diferentes planos. Su exactitud es 1.5 grados sobre 90, su precisión es mejor que 1.0 y su sensibilidad de salida analógica es 1.0 V/90°.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El procesamiento de las señales de EMG y ELG, el cálculo y representación gráfica de todos los parámetros en el dominio del tiempo y de la frecuencia tienen lugar en el entorno MATLAB 5.3. De este modo, después de la rectificación, el “filtrado” y la integración de la señal EMG, se calcula el valor medio de la señal rectificada (AREMG) y los demás parámetros en el dominio del tiempo (RMSEMG, la media móvil, y el iEMG). El cálculo de estos parámetros en el dominio del tiempo nos permite conocer el grado de coordinación motora, la cantidad de actividad muscular y el nivel de tensión desarrollada por el arquero. La comparación de los EMG procedentes de diferentes músculos se basa en la normalización de los registros sobre la máxima contracción voluntaria (MVC) que en este caso podría ser el “peso del arco”.

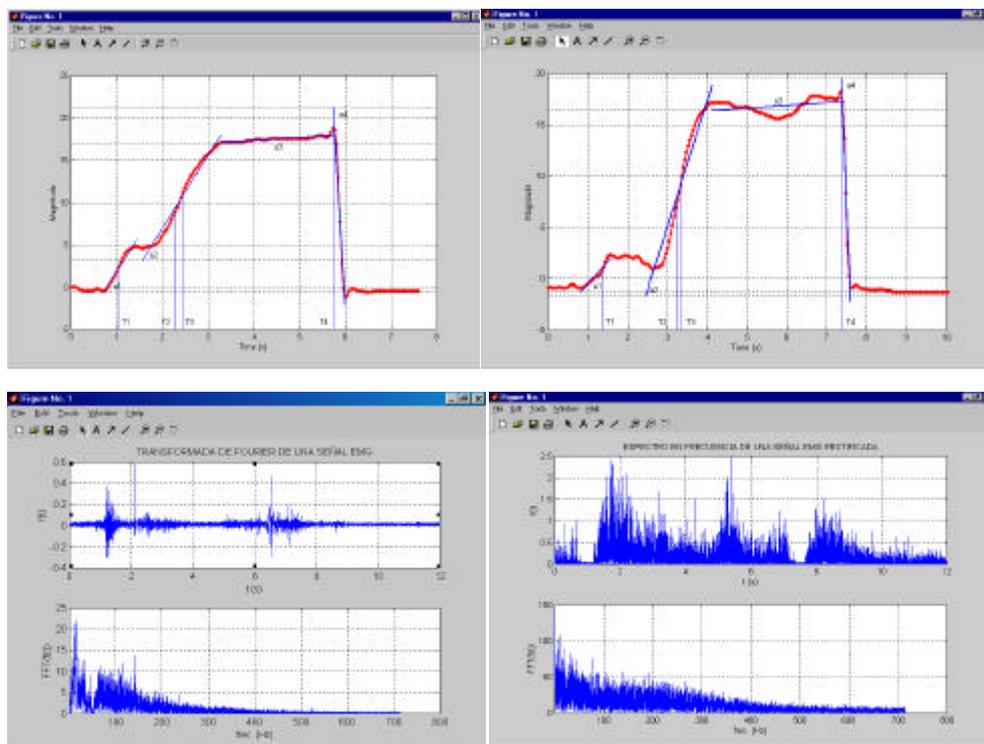


Fig. 2. Representación gráfica de la tensión de arco durante la extensión de la cuerda y registros EMG en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

El procesamiento del EMG en el dominio de la frecuencia permite determinar el espectro en frecuencia de las señales registradas utilizando el algoritmo de la Transformada rápida de Fourier (FFT) que permite obtener la función densidad espectral (PDS) y determinar las frecuencias media y mediana, así como el ancho de banda de la señal. Puesto que en general no se conoce si el aumento de la amplitud del EMG se debe al incremento de la contracción muscular o al aumento de la fatiga, se considera que la frecuencia media y la mediana son los parámetros espectrales mas fiables para valorar la fatiga muscular local, al ser sensibles al desplazamiento del espectro hacia frecuencias bajas.

En lo que se refiere a la ELG es posible obtener información respecto al nivel de la técnica que posee el deportista a través de los parámetros que expresan la variación de la tensión del arco como consecuencia de la aplicación de fuerza en la cuerda durante la puntería (coeficiente de reactividad, gradiente de fuerza, etc). Finalmente, es obvio que el registro del ELG permite obtener información respecto a todos los parámetros relativos a los movimientos articulares (rango de movimiento, postura, etc).

CONCLUSIONES.

Se ha desarrollado una cadena de medida integrada por EMG y ELG que permite registrar al mismo tiempo, por un lado y por medio de la EMG, la intervención muscular en términos de orden y nivel de activación de los músculos, solapamiento de la actividad de los agonistas y antagonistas, y aparición de la fatiga muscular local, y por otro lado, por medio de la ELG, la orientación relativa de los segmentos corporales (postura) y la variación de la tensión del arco. Por tanto, la cadena de medida desarrollada puede ser una herramienta muy útil para el análisis e identificación de las soluciones biomecánicas que adoptan las personas discapacitadas durante la práctica del tiro con arco.

BIBLIOGRAFÍA.

- Clarys, J.P. et al. (1990). *Muscular activity of different shooting distances, different release techniques and different performance levels with and without stabilizers in target archery*. Journal of Sport Sciences, 8, 235 – 257.
- Clarys, J.P.; Cabri, J. (1993). *Electromyography and the study of sports movements: A review*. Journal of Sports Sciences, 11, 379 - 448.
- De Luca, C.J.; Knaflitz, M. (1990). *Surface Electromyography: What's New?*. Boston: Neuromuscular Research Centre.
- Gianikellis, K. (1996). *Desarrollo de una metodología para análisis biomecánico en los deportes de precisión*. Aplicación en el tiro olímpico. Tesis Doctoral. E.T.S.I.I. Universidad Politécnica de Valencia.
- Gianikellis, K.; Maynar, M.; Arribas, F. (1996). *La electromiografía (EMG) como método para determinar la intervención muscular en los Deportes de Precisión*. Aceptado para publicación en la Revista Nacional de Investigación en el Deporte.
- Hasan, Z.; Enoka, R.M.; Stuart, D.G. (1985). *The interface between biomechanics and neurophysiology in the study of movement: Some recent approaches*. Exercise and Sport Sciences Reviews, 13, 169 - 234.
- Hof, A.L. (1984). *EMG and muscle force: An introduction*. Human Movement Science, 3, 119 - 153.
- Leroyer, P. ; Gaucher, B. ; Van Hoecke, J. (1991). *Technical diagnosis system in Archery*. Second World Congress on Sport Sciences. Book of Abstracts, 171. Barcelona.
- Nishizono, H. et al. (1987). *Analysis of archery shooting techniques by means of electromyography*. In Proceedings of 5th Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports (Ed. by Tsarouchas, L.; Terauds, J.; Gowitzke, B.A.; Holt, L.E.), 364 - 372. Athens.
- Squadrone, R.; Rodano, R. (1994). *Multifactorial analysis of shooting archery*. In Proceedings of the XIIIth International Symposium on Biomechanics in Sports (Ed. By Barabás, A. and Fabián, Gy.), 270 – 273. Budapest.

AGRADECIMIENTOS: este estudio es parte del proyecto de investigación **“Análisis y evaluación de la técnica de tiro con arco para deportistas discapacitados de alto nivel, basado en registros cinemáticos, estabilométricos y electromiográficos y su relación con las nuevas tendencias del entrenamiento de la técnica deportiva”** financiado por el Consejo Superior de Deportes.