

EL DESARROLLO DEL PAQUETE “BiomSoft” Y SUS APLICACIONES EN EL ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL MOVIMIENTO HUMANO.

Gianikellis, K.* Pantrigo Fernández, J.J.**; Ferrera Llera, C.*; Vara Gazapo, A.*

* *Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Laboratorio de Biomecánica del Movimiento Humano y de Ergonomía. Universidad de Extremadura.*

** *Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad Rey Juan Carlos.*

RESUMEN: El análisis biomecánico del movimiento humano tiene aplicaciones, en el ámbito médico, ocupacional y deportivo analizando la técnica y diseñando material deportivo de altas prestaciones. El objetivo de este trabajo ha sido presentar el software desarrollado en el Laboratorio de Biomecánica del Movimiento Humano y de Ergonomía de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Extremadura que permite analizar el movimiento humano normal y patológico. El paquete “BiomSoft” desarrollado en entorno MATLAB 5.3 permite el tratamiento y la representación de los datos procedentes del análisis biomecánico aplicando diferentes técnicas de “suavizado” e interpolación de los datos cinemáticos y cálculo de las magnitudes cinemáticas lineales y angulares, la creación y uso de una base de datos de parámetros inerciales, análisis dinámico inverso y determinación de los momentos musculares netos y del trabajo mecánico realizado, análisis espectral de los datos Electromiográficos y de Estabilometría, representaciones gráficas y animaciones de modelos “alámbricos”, y simulación de procesos de tratamiento digital de señales (“filtrado”, “padding”, FFT, “enventanado”, etc.) con objetivos didácticos. Por tanto, se ha desarrollado un software que permite la descripción, análisis y evaluación de la motricidad humana en diferentes ámbitos de la Biomecánica del Movimiento Humano, además de ser muy útil para la enseñanza y las prácticas de laboratorio.

PALABRAS CLAVES: <Análisis Biomecánico>, <movimiento humano>, <software>.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

La Biomecánica del Aparato locomotor puede definirse como “conjunto de conocimientos interdisciplinares generados a partir de utilizar, con el apoyo de otras ciencias biomédicas, los conocimientos de la mecánica y distintas tecnologías en, primero, el estudio del comportamiento humano, y, segundo, resolver los problemas que le provocan las distintas condiciones a las que puede verse sometido” (IBV, 1992). Hoy en día, la Biomecánica se desarrolla en los ámbitos: i) - *deportivo*, analizando y evaluando la práctica deportiva para mejorar el rendimiento y prevenir las lesiones, desarrollar técnicas de entrenamiento y diseñar complementos deportivos de altas prestaciones, ii) - *médico*, analizando las patologías que aquejan al cuerpo humano para generar soluciones capaces de evaluarlas, repararlas y paliarlas, y iii) - *ocupacional*, analizando la relación mecánica que el cuerpo humano sostiene con los elementos con los que interactúa en distintos ambientes – laboral, docente, doméstico o de ocio – para adaptarlos a sus necesidades y características (Vera y otros, 1992).

La metodología de investigación de la Biomecánica del Movimiento Humano (Fig. 1) esta orientada en conocer, las sollicitaciones mecánicas a las que se ven sometidos los tejidos y elementos integrados en los complejos articulares del sistema biológico en movimiento y evaluar la calidad de los procesos de control, tarea que no es siempre fácil, debido, primero, a sus características y propiedades mecánicas, y, segundo, a limitaciones metodológicas e instrumentales. En este sentido, es

necesario combinar la información obtenida respecto a, a) la geometría y la cinemática del movimiento, una vez conocidas las coordenadas tridimensionales de los marcadores anatómicos, mediante el uso de técnicas de fotogrametría tridimensional, b) las fuerzas externas ejercidas sobre la superficie de apoyo mediante el uso de plataforma de fuerzas, y, c) los datos antropométricos, obtenidos midiendo directamente sobre los sujetos del estudio o utilizando modelos antropométricos.

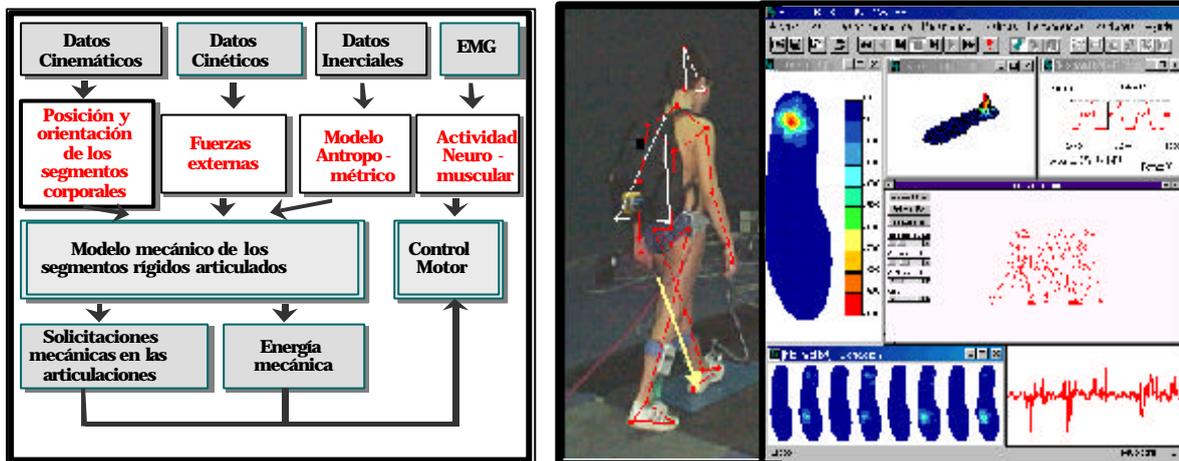


Fig. 1. Metodología de la investigación de la Biomecánica del Movimiento Humano

El procesamiento de estos datos se basa en las leyes de la mecánica utilizando el modelo de los segmentos rígidos articulados. La parametrización de la información obtenida permite describir, analizar y evaluar objetivamente los patrones motores en términos de eficacia biomecánica, puesto que, el sistema biológico tiene sus propias características, especialmente a lo que se refiere a la intervención muscular. Para dar respuesta a las necesidades del análisis biomecánico del movimiento humano desde hace dos décadas se están desarrollando diferentes sistemas de registro y análisis al principio en dos y después en tres dimensiones. Sin embargo, nos encontramos con el problema de que son herramientas “cerradas” e incompletas y que en su mayoría no permiten parametrizar adecuadamente el patrón motor bajo estudio, en el dominio del tiempo y de la frecuencia, obteniendo toda la información que requiere su evaluación. Otro inconveniente con los sistemas comercializados son las limitaciones respecto a la representación gráfica de los parámetros de interés y el tratamiento estadístico de los resultados sin necesidad de exportar los datos.

El objetivo del trabajo que se presenta a continuación ha sido desarrollar, en primer lugar, en entorno MATLAB, el “BiomSoft”, como un programa general de análisis biomecánico del movimiento humano que permita integrar la información cinemática, cinética y antropométrica, y, en segundo lugar, llevar a cabo aplicaciones específicas para analizar los patrones motores en el ámbito deportivo, aplicaciones dirigidas a analizar la motricidad humana en el ámbito de la discapacidad física, y aplicaciones orientadas a la adaptación de las condiciones del entorno laboral para mejorar la productividad y prevenir lesiones músculo – esqueléticas causadas por el nivel del esfuerzo físico, la repetitividad de las acciones motrices y el mantenimiento prolongado de posturas forzadas.

MATERIAL Y MÉTODOS.

El paquete BiomSoft fue desarrollado para el sistema operativo Windows de Microsoft en MATLAB 5.3, aceptando como entrada archivos de datos ASCII exportados desde los diferentes sistemas electrónicos y equipos de medida del laboratorio de Biomecánica del Movimiento Humano y de Ergonomía, como son el sistema de fotogrametría – vídeo 3D (KINESCAN), el sistema de plataformas de fuerzas (DINASCAN) y un sistema de EMG/ELG desarrollado en el mismo Laboratorio, y , los parámetros inerciales de una serie de modelos antropométricos que están en una base de datos, según el diagrama de flujo que aparece a continuación (Fig. 2). Como se puede observar el programa incluye los siguientes módulos:

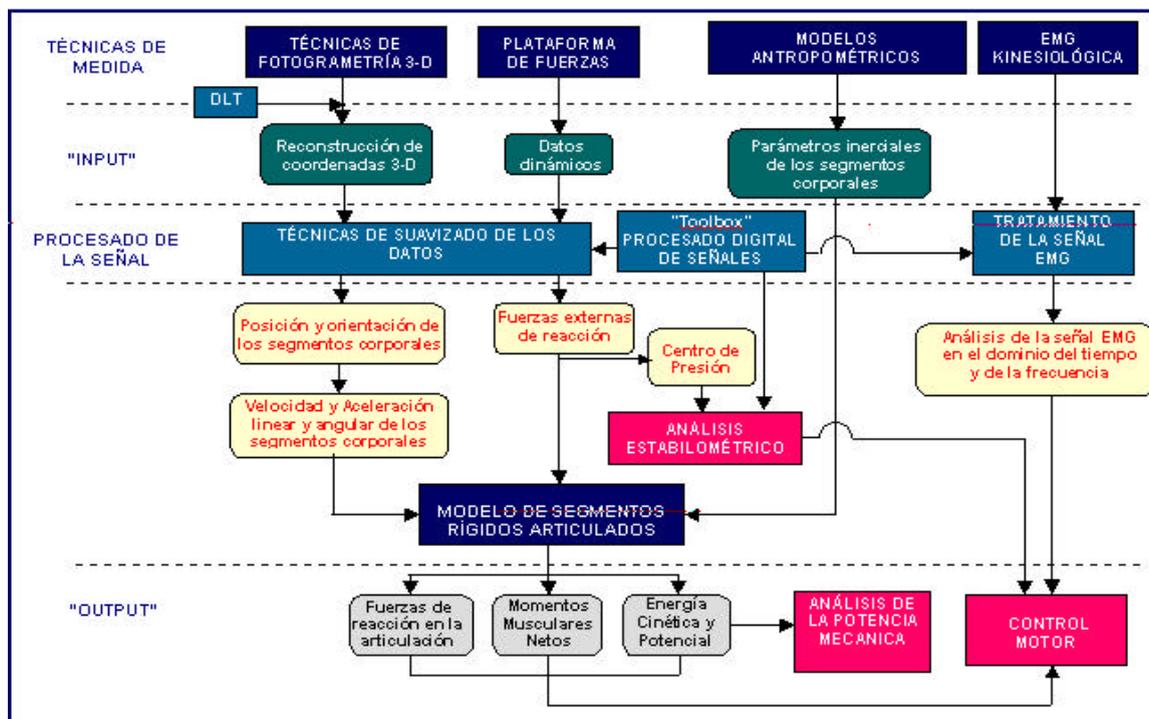


Fig. 2. Diagrama de flujo de la información en el programa "BiomSoft".

- ▶ la parte del análisis cinemático
- ▶ la parte del análisis cinético
- ▶ la base de datos de los parámetros inerciales
- ▶ la "toolbox" de tratamiento digital, "suavizado" e interpolación de los datos posición – tiempo
- ▶ la parte del análisis estabilométrico
- ▶ la parte de las representaciones gráficas y animaciones de los modelos alámbricos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El “BiomSoft” (Fig. 3) permite:

- “Filtrar” e interpolar los datos posición–tiempo con funciones “Spline” utilizando el algoritmo “Generalised Cross-Validatory Splines” desarrollado por Woltring (1986).
- Calcular todos los parámetros cinemáticos lineales y angulares. Eje: permite calcular el vector orientación y los ángulos de Cardan - Euler. Esta posibilidad es de gran importancia para evaluar la postura y la estabilidad postural en función de ángulos relativamente pequeños menores de 10° (Fig. 3).
- Calcular el nivel de las fuerzas de reacción y los momentos musculares netos en las articulaciones, así como, la cantidad de energía mecánica que se transfiere de un segmento a otro y el nivel de potencia mecánica que se genera o se absorbe en las unidades biocinematicas del aparato locomotor (Fig. 3). Esta información es fundamental para la planificación del entrenamiento deportivo especialmente para la “especificidad del entrenamiento”.

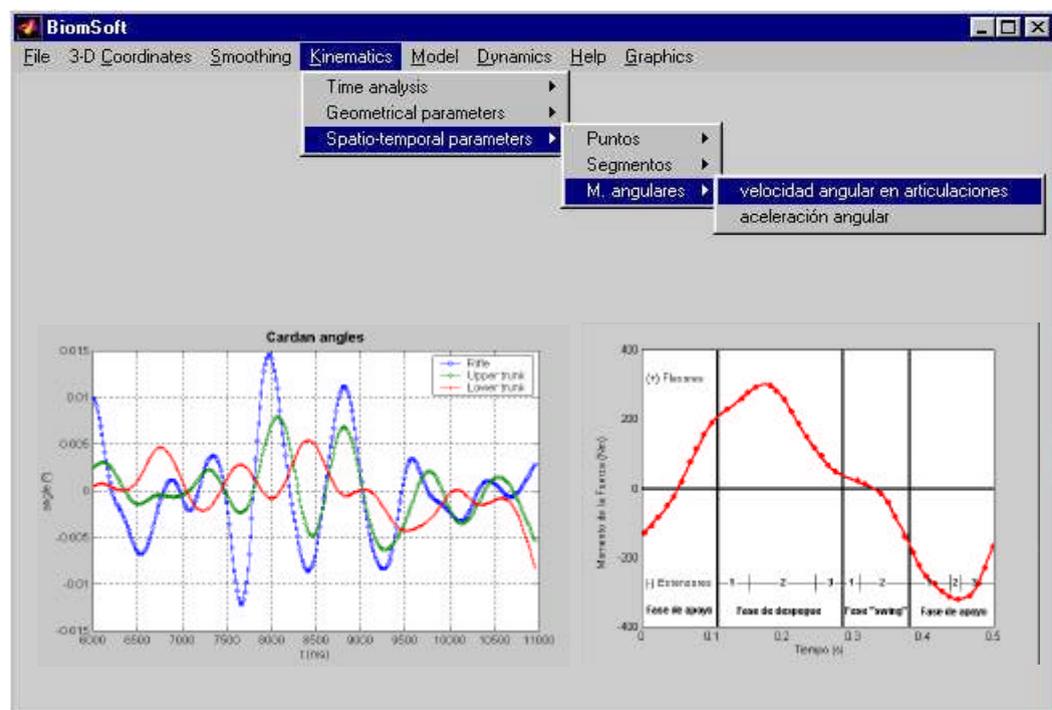


Fig. 3. Menú principal de BiomSoft y salidas gráficas.

- Permite obtener los parámetros antropométricos sobre el sujeto analizado por medio de fotogrametría video tridimensional o hacer uso de diferentes modelos antropométricos (Hatze, Zatsiorsky-Seluyanov, De Leva, Hanavan, Yeadon, Vaughan, Clauser, etc.).

- Analizar el EMG en el dominio del tiempo y de la frecuencia y detectar la fatiga muscular local (Fig. 4).

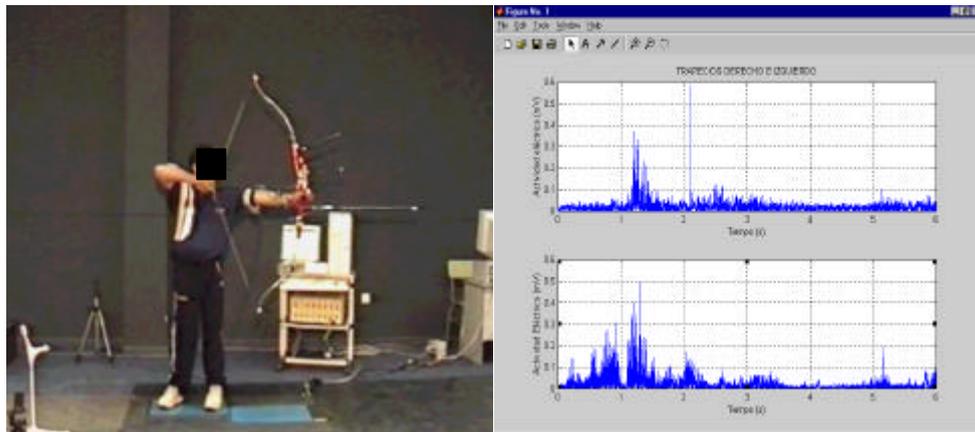


Fig. 4. EMG aplicada en el tiro con arco.

- Analizar el establograma en el dominio del tiempo y de la frecuencia y detectar los problemas de control de la postura erguida especialmente en el contexto de la parálisis cerebral (Fig. 5).

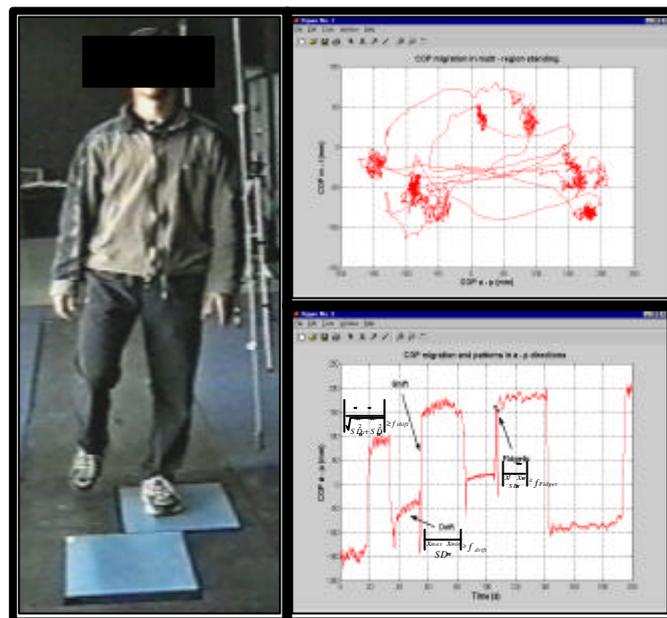


Fig. 5. Tratamiento de datos estabilométricos con el programa “BiomSoft”.

- Almacenar todos los parámetros temporales (instantes, fases, frecuencias, etc.) para poder ser utilizados en análisis posteriores.
- Representaciones gráficas y animaciones. (Fig. 6)

- Desarrollo de aplicaciones en los ámbitos deportivo, médico y ocupacional, permitiendo la posibilidad de realizar una simulación de los procesos de tratamiento digital de señales (“filtrado”, “padding”, FFT, “enventanado”, etc.) con objetivos didácticos (Fig.6).

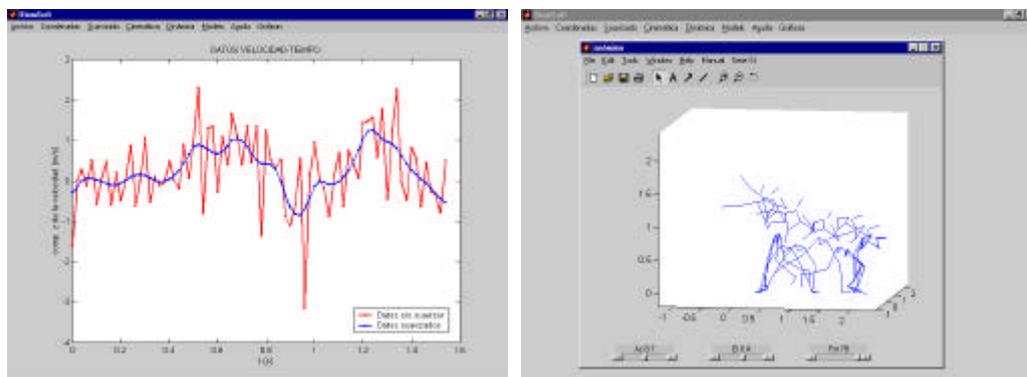


Fig. 6. Salidas gráficas (izquierda) y animación del movimiento (derecha).

CONCLUSIÓN.

El paquete “BiomSoft” permite la descripción, análisis y evaluación de la motricidad humana en diferentes ámbitos de la Biomecánica del Movimiento Humano, además de ser muy útil para la enseñanza y las prácticas de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA.

- Bartlett, R.M. (1992). Biomechanical Analysis of Performance in Sport. Leeds: British Association of Sports Sciences.
- Cappozo, A. (1991). Three – dimensional analysis of human walking: Experimental methods and associated artefacts. Human Movement Science, 10, 589 – 602.
- Challis, J.H.; Kerwin, D.G. (1988). An evaluation of splines in biomechanical data analysis. In Biomechanics XI – B (edited by G. De Groot, A.P.Hollander, P.A. Huijing and G.J. van Ingen Schenau), 1057 – 1061. Amsterdam: Free University Press.
- Clauser, C. E., McConville, J. T. And Young, J. W. (1969) Wight, volume and center of mass of segments of the human body, p. 59. Wright-Patterson Air Force Base, OH (AMRL-TR-69-70).
- Craig, J.J. (1986). Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Wokingham: Addison - Wesley.
- Dainty, D.A.; Norman, R.W. (eds) (1987). Standardising Biomechanical Testing in Sport. Champaign: Human Kinetics.
- Gianikellis, K.; Maynar, M (1998). Fundamentos biomecánicos de la estabilometría y su aplicación en diferentes modalidades de los deportes de precisión. Biomecánica, VI, 10, 37 - 44.
- Gianikellis, K.; Maynar, M.; Arribas, F. (1997). La Electromiografía (EMG) como método para determinar la intervención muscular en los Deportes de Precisión. Icd, Investigación en Ciencias del Deporte, Consejo Superior de Deportes, 13, 107 – 121.

Gianikellis K.; Maynar M; Durá J. V. (1998), A mechanical model for measuring in three dimensions the small amplitude coupled motion that characterizes motor patterns in shooting activities. ISBS'98.

Lanshammar, H. (1980). Precision limits on derivatives obtained from measurement data. In Biomechanics VII edited by K. Fidelus and A. Morecki), 586 – 592. Baltimore, MD: University Park Press.

Spoor, C.W.; Veldpaus, F.E. (1980). Rigid body motion calculated from spatial co-ordinates of markers. Journal of Biomechanics, 13, 391 - 393.

The MATHWORKS Inc. (1999), Using MATLAB. Versión 5 (revisada para MATLAB 5.3).

The MATHWORKS Inc. (1997), Building GUIs with MATLAB. Versión 5 (revised for MATLAB 5.1).

Vaughan, C.L. (1982). Smoothing and differentiating of displacement data: an application of splines and digital filtering. International Journal of Bio-Medical Computing, 13, 375 - 385.

Woltring, H. J. (1986). Fortran package for Generalized, Cross – Validatory spline smoothing and differentiation. Advances in Engineering Software, 8, 2, 104-113

Woltring, H.J. (1991). Representation and calculation of 3-D joint movement. Human Movement Science, 10, 603 – 616.

Wood, G.A.; Marshall, R.N. (1986). The accuracy of DLT extrapolation in three-dimensional film analysis. Journal of Biomechanics, 19, 781- 785.

Agradecimientos: Este estudio ha sido parte del proyecto de investigación: “**Desarrollo de una línea de investigación aplicada a la evaluación, mediante análisis biomecánico de la motricidad de personas discapacitadas en actividades de la vida diaria y deportiva**”. Financiado por la **Junta de Extremadura**.