

## Investigación en el área de la biomecánica retos y perspectivas en el Ecuador

---

Ana Cecilia Villa, Mary Díaz y Fernando Urgilés

### Introducción

La biomecánica es una disciplina de la ingeniería biomédica que emplea los principios de la mecánica para estudiar el efecto de la energía y de las fuerzas de la materia en sistemas vivos para modelarlos (Peterson y Bronzino, 2008; Bronzino, 2006). Forma parte de la historia científica y ha influenciado la investigación de matemáticos, ingenieros, físicos, biólogos y médicos. Se considera que su progreso es resultado de la integración y aplicación de las matemáticas, los principios físicos, la fisiología y metodologías de ingeniería, los avances en los métodos experimentales y de la instrumentación para entender y resolver problemas de Ingeniería Biomédica (Peterson, 2008).

La biomecánica genera aplicaciones importantes, que son esenciales para el mejoramiento de la existencia humana, entre las que se puede citar el desarrollo de modelos de los sistemas del cuerpo humano, como el sistema músculo-esquelético, el respiratorio, el cardiovascular y el cardiopulmonar. Desde el punto de vista tecnológico se puede indicar que con base a esta disciplina se desarrollan dispositivos para asistir a tareas para mejorar el rendimiento deportivo, evaluar condiciones de trabajo, para rehabilitación física, ejecución de cirugía ortopédica, diseño de prótesis y órtesis (Peterson, 2008). En el área del deporte es posible realizar análisis de movimiento con laboratorios de análisis del comportamiento en el deporte, de aprendizaje y control motor, de biomecánica y salud, de análisis y optimización del entrenamiento (Centro de Investigación del Deporte, 2008), que son laboratorios que incorporan sistemas de electromiografía, dinamometría, acelerometría, goniometría y fundamentalmente se tienen laboratorios de marcha que permiten obtener información cuantitativa y cualitativa del entrenamiento y del rendimiento físico.

Entre las iniciativas más recientes está el estudio del comportamiento mecánico de los subsistemas biológicos, tales como tejidos, células y moléculas, como parte del desarrollo de nanotecnología biológica, biomembranas y motores moleculares (Peterson, 2008).

Sin embargo, a pesar del avance de estas aplicaciones aún la comprensión acerca de los procesos biomecánicos es limitado, pero a través de la investigación se puede avanzar en el conocimiento de la función humana y el desempeño y desarrollo de los principios de la biomecánica.

En este trabajo se presenta una revisión sobre los problemas que afronta el país y que pueden ser solucionados con investigación y trabajo en el área de la biomecánica y una breve descripción de propuesta en este sentido del Grupo de Investigación en Ingeniería

Biomédica de la Universidad Politécnica Salesiana GIB-UPS perteneciente al Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Ingeniería.

## **Materiales y métodos**

Se realizó una revisión de las cifras reportadas en el Ecuador respecto a problemas de discapacidad, entrenamiento físico y accidentes laborales, esto con el fin de conocer qué retos tiene la ingeniería y la biomecánica para proponer soluciones a partir de desarrollos en instituciones de educación superior en sus centros de investigación.

## **Estado de la discapacidad**

En América Latina y en el resto del mundo son varios los casos de individuos con discapacidad motriz que requieren de rehabilitación o asistencia permanente. En el caso de Ecuador, según los datos del Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS, 2012) 163.074 personas registran tener discapacidad física y entre las principales causas de las discapacidades están las enfermedades adquiridas y accidentes de trabajo.

Para hacer frente a la limitación de movimiento se prescriben ayudas técnicas como órtesis, bastones, prótesis, entre otros. El Proyecto de Ley Orgánica de Discapacidades (2012) garantiza a las personas con discapacidad sistemas de rehabilitación y ayudas técnicas: “las órtesis, prótesis y otras ayudas técnicas y tecnológicas, que remplacen o compensen las deficiencias anatómicas o funcionales de las personas con discapacidad, serán entregadas gratuitamente por el Estado a sus beneficiarios”. Estos son dispositivos diseñados para asistir el movimiento en casos de inmovilidad por parestesias, sin embargo, deben ser personalizadas y tener un seguimiento en su uso para definir ajustes en la estructura, rangos de movilidad, reemplazos, etc. Estos procesos en la mayoría de los casos se realizan de manera manual y con conocimientos empíricos por lo que la aplicación de tecnología de automatización con actuadores o sistemas de asistencia de diagnóstico permitiría obtener resultados satisfactorios en el proceso de rehabilitación, tanto en la asistencia del movimiento como en el seguimiento de la evolución del paciente.

En el campo de la ingeniería de rehabilitación o robótica médica, se ha propuesto como alternativa el desarrollo de mecanismos que permitan que las compensaciones funcionales del movimiento sean aplicadas por sistemas actuadores que se adapten a los diferentes casos para tratar de recuperar patrones normales como una forma de asistencia efectiva a personas con discapacidad (Blaya y Herr, 2004; Gharooni, Virk y Tokhi, 2005; Costa, Bezdicek y Brown, 2006; Kommu, 2007; Low, 2011; Miranda *et al.*, 2012). CONFEVIDA (2012) reporta que el tratamiento de la marcha en parálisis cerebral (PC) debe fundamentarse en un diagnóstico preciso, logrado a través del análisis computarizado de la marcha. Estos sistemas de asistencia en fase de investigación significan una alternativa prometedora en la rehabilitación de la población con discapacidad.

## **Evaluación deportiva**

Actualmente las actividades de entrenamiento funcional de los deportistas de élite exigen el conocer a detalle parámetros para analizar el movimiento humano como datos de velocidad y estado muscular que permitan a los entrenadores disponer de información suficiente para definir planes de trabajo que no pongan en riesgo el estado del deportista. En este contexto, la instrumentación biomédica es muy importante y debe ser considerada una de las áreas de investigación permanente en proyectos que busquen mejorar el rendimiento deportivo puesto que se puede evitar el mal uso de un equipo de entrenamiento, malas posturas y prevenir lesiones.

El Centro de Alto Rendimiento (COAR) de Ecuador reporta 1.123 atletas asistidos por laboratorios de alta complejidad pudiendo destacar que existen 25 estudios biomecánicos y 852 morfoantropometrías. El laboratorio CONFEVIDA que se especializa en análisis de movimiento reporta que los exámenes de medición de gesto deportivo están acorde al tipo de deporte a analizar presentando diferentes protocolos para el registro del movimiento con el objetivo es realizar un estudio detallado del gesto deportivo en todas las fases del mismo. Esto demuestra que junto con profesionales entrenadores del deporte es necesario el desarrollo de herramientas de ingeniería para garantizar el éxito de un plan de trabajo. En el país se cuenta con estas dos instituciones, sin embargo se requieren más centros para cubrir las necesidades de los deportistas.

## **Evaluación de condiciones de trabajo**

La biomecánica con la ergonomía se aplica al área laboral para evaluar puestos y condiciones de trabajo. Para los autores Aref y Fernández (2007: 3) “la ergonomía busca reducir o evitar las enfermedades generadas por el trabajo que son consecuencia de un sin número de sobresolicitaciones, tales como las posturas antinaturales, los movimientos repetitivos o no adecuados, y las exposiciones a ruidos, vibraciones, gases, iluminación, etc., que afectan al organismo en el transcurso del tiempo”. En este contexto, la biomecánica permite estudiar profundamente estas causas, según reportan los autores Diego y Sabina (2012) se puede realizar evaluaciones biomecánicas de esfuerzos, conocer el riesgo de sobrecarga por articulación, la carga máxima recomendable y la estabilidad de la postura, por lo que esta disciplina es de suma importancia para analizar las condiciones de trabajo a fin de realizar una evaluación más profunda de los trastornos del sistema músculo-esquelético y de riesgos relacionados con el trabajo para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores en la industria, empresas y otros sectores productivos.

En Ecuador según reporta Rodríguez (2007) con base a las estadísticas del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IEES) “en el año 2004 se produjeron aproximadamente 3.777 accidentes laborales, destacando que en la industria manufacturera 761 (20.14%) personas sufrieron algún tipo de accidente”. El CONADIS (2012: 14) registra 10.882 personas con discapacidad por accidentes de trabajo. Estas cifras, muestran un grave problema de salud pública y laboral, el cual es originado por las condiciones no favorables del trabajador, medios de producción y ambiente laboral, ya que no se utiliza un modelo con fundamento científico para el diseño ergonómico de los puestos de trabajo”.

## Resultados

La situación reportada habla de la necesidad de incorporar métodos de ingeniería y la aplicación de la biomecánica como parte fundamental en el seguimiento de asignación y seguimiento de ayudas técnicas, control del ambiente laboral, tareas de rehabilitación y entrenamiento.

Cabe destacar que para desarrollar estos dispositivos es necesario el trabajo multidisciplinario de ingenieros y profesionales biomédicos dado que involucra el trabajo directo con seres humanos que exige un protocolo estricto que contemple aspectos de salud y psicológicos. Como primer paso para involucrar la ingeniería y medicina está la aplicación de prácticas en la enseñanza de la ingeniería que permita a los estudiantes conocer los fundamentos interrelacionados con la biología para poder plantear soluciones.

En la UPS, debido a la importancia de estos sistemas la Carrera Cultura Física de ha planteado la necesidad de contar con herramientas que permitan el análisis de movimiento humano (área de la biomecánica) que permitan a sus estudiantes contar con datos que enriquezcan su formación. Por otro lado, existen proyectos de ingeniería de rehabilitación en la Carrera de Ingeniería Electrónica que también exigen, para las etapas de diseño y pruebas, el conocimiento del movimiento humano.

En este contexto, el Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica de la Universidad Politécnica Salesiana (GIIB-UPS) con estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electrónica se encuentra desarrollando una herramienta para la adquisición de datos del movimiento del cuerpo humano para reconstruir el movimiento a partir de sensores láser como tecnología alternativa a las cámaras de un laboratorio de marcha, con el fin de poder complementar el estudio del movimiento humano con los profesionales del Departamento de Cultura Física. El análisis de movimiento humano ha recibido mucha atención por investigadores debido a su amplio espectro de aplicaciones pudiendo citar el análisis del rendimiento atlético, interfaces humano máquina, procesamiento de imágenes, sistemas de vigilancia, laboratorios de marcha, diagnóstico de patologías, planeación o determinación de procedimientos quirúrgicos correctivos y seguimiento de terapias de rehabilitación.

Además se encuentra desarrollando una investigación sobre cómo emplear las herramientas de la antropometría en el modelado biomecánico que es fundamental para el desarrollo de sistemas de asistencia del movimiento humano y para evaluación de ambientes de trabajo.

## Conclusiones

Con una correcta planificación y preparación de los jóvenes ingenieros en el campo de la Ingeniería Biomédica se podría iniciar con proyectos para desarrollar dispositivos de asistencia para el diagnóstico, rehabilitación y evaluación con base a la biomecánica para resolver la problemática respecto al ambiente laboral, preparación deportiva y de discapacidad que presenta el país.

Los procesos biológicos son inherentemente complejos, razón por la cual la biomecánica es por naturaleza multidisciplinaria y para realizar investigación en la misma es de

suma importancia que se integre el trabajo de ingeniería con profesionales de las ciencias médicas y físicas.

## Referencias

Aref, A. y Fernández, W.

- 2007 "Evaluación Ergonómica Puesto de Trabajo Laminador Laminadora HPT". N° 76. Recuperado el 1 de septiembre de 2012. <http://pmlconsultores.com.ar/docs/Ergonomia%20y%20confort/Evaluacion%20y%20adaptacion%20de%20un%20puesto%20de%20trabajo%20industrial%20por%20Aref,%20Alejandra%20y%20Fernandez,%20Walter.pdf>

Blaya, J. y Herr, H.

- 2004 "Adaptive Control of a Variable-Impedance Ankle-Foot Orthosis to Assist Drop Foot Gait". *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, Vol. 12, N° 1.

Bronzino, J.

- 2006 *The Biomedical Engineering Handbook, Biomedical Engineering Fundamentals*. USA: Taylor y Francis Group, LLC.

Centro de Investigación del Deporte

- 2012 "Laboratorios Universidad Miguel Hernández de Elche". España. Recuperado el 1 de septiembre de 2012. <http://www.cid-umh.es/en/inicio.html>

COAR

- 2012 "Actividades del Centro Olímpico de Alto Rendimiento COAR". Recuperado el 1 de septiembre de 2012. [http://www.coe.org.ec/pdf/coar/ACTIVIDADES\\_DEL\\_COAR.pdf](http://www.coe.org.ec/pdf/coar/ACTIVIDADES_DEL_COAR.pdf)

CONADIS

- 2012 "Estadísticas". Recuperado el 1 de septiembre de 2012. <http://www.conadis.gob.ec/estadisticas.htm#estadis>

CONFEBIDA

- 2012 "Laboratorio de análisis de movimiento biomecánica, tecnología y ciencia que evoluciona el ser humano". Ecuador. Recuperado el 1 de septiembre de 2012. <http://www.confevida.com/>

Costa, N. Bezdicek, M. Brown, M. *et al.*

- 2006 "Joint motion control of a powered lower limb orthosis for rehabilitation". *International Journal of Automation and Computing*.

Diego, J. y Sabina, C.

- 2012 "Biomecánica (Esfuerzos Estáticos Coplanares)". Recuperado el 1 de septiembre de 2012. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/biomecanica/biomecanica-ayuda.php>

Gharooni, S., Virk, G. y Tokhi, M.

- 2005 "Actuator Sizes in Bio-Robotic Walking Orthoses. School of Mechanical Engineering". University of Leeds. United Kingdom. Peterson, D. Bronzino, J. (2008). *Biomechanics. Principles y Applications*. Boca Raton: CRC Press.

Kommu, S.

- 2007 *Rehabilitation Robotics*. Croatia: I-Tech Education y Publishing.

Low, K.H.

- 2011 "Robot-assisted gait rehabilitation: From exoskeletons to gait systems". Defense Science Research Conference y Expo (DSR). Singapur.

Miranda, A. Yasutomi, A. Souit, C. Forner-Cordero, A.

2012 "Bioinspired mechanical design of an upper limb exoskeleton for rehabilitation y motor control assessment. Biomedical Robotics y Biomechatronics (BioRob)", 2012 4th IEEE RAS y EMBS International Conference.

2012 "Proyecto de Ley Orgánica de Discapacidades de Ecuador". Recuperado el 1 de septiembre de 2012. <http://www.discapacidadesecuador.org/portal/images/stories/File/Ley%20organicadediscapacidad.pdf>

Rodríguez, T.

2007 "Evaluación ergonómica de los puestos de trabajo en las industrias de procesados de camarón y pescado de la provincia del Guayas". Recuperado el 1 de septiembre de 2012. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/13415>