

Biomecánica del pie

Fernando Chico Ruiz¹

La Biomecánica es la ciencia que estudia la aplicación de las leyes de la mecánica (física) a las estructuras y los órganos de los seres vivos².

Diversas personas a lo largo de la historia se han dedicado a esta creciente ciencia bajo diferentes perspectivas, tal es el caso de Leonardo Da Vinci a quien se le reconoce como el más sobresaliente estudioso de esta materia por sus contribuciones en la descripción de las proporciones y difusión de los avances en materia principalmente gráfica, o el caso de Aristóteles quien a través del estudio sobre el movimiento de animales plasmó sus resultados en un documento denominado "*Incessu Animalium*", en donde hace reflexiones sobre la anatomía

y el movimiento de los animales, viendo el cuerpo de éstos como sistemas mecánicos. Otros grandes estudiosos de la biomecánica fueron Galeno y Andreas Vesalius a través de estudios sobre la mecánica del cuerpo y la estructura y anatomía del cuerpo humano, así como el matemático belga Quetelet quien publicó su obra denominada "Anthropometrie".

Todas estas contribuciones fueron aportaciones de gran valor para que en la segunda mitad del siglo XX, Yuan-Cheng Bert Fung (científico nacido en la provincia de Jiangsu, China en 1919) introduce por vez primera el término "biomecánica" por lo que se le reconoce por como el padre de la "bioingeniería" y fundador de la "biomecánica".

Los avances de la biomecánica no se centran en una sola área de estudio sino que existen diversas líneas de investigación y a diversas partes del cuerpo, todas ellas con un gran universo de estudio.

Las áreas de la ciencia que componen la biomecánica son particularmente las presentadas en la figura 1 y en la figura 2 la ramas de la biomecánica

¹ CIATEC, A. C. Omega 201 Fracc. Industrial Delta, Leon, Gto. fchico@ciatec.mx

² Chico Ruiz, Fernando et Al (2007). Pie y Calzado: Diseño Biomecánico, León, Guanajuato, p.16.

De igual forma, existen tres ámbitos generales para el estudio de la biomecánica, los cuales son:

- ☉ **Biomecánica médica.** Para evaluar las patologías que aquejan al cuerpo humano y generar soluciones capaces de evaluarlas, repararlas o mitigarlas.
- ☉ **Biomecánica deportiva.** Para el análisis de la práctica deportiva en busca de mejorar su rendimiento, desarrollar técnicas de entrenamiento y diseñar complementos, materiales y equipamiento de altas prestaciones
- ☉ **Biomecánica ocupacional.** Para analizar particularmente la interacción del cuerpo humano con los elementos con que se relaciona en diversos ámbitos (en el trabajo, en casa, en la conducción de automóviles, en el manejo de herramientas, etc.) y adaptarlos a sus necesidades y capacidades.

Dado que el pie es un componente fundamental en la actividad humana y del aparato locomotor, éste ha cobrado particular importancia en la investigación.

Las extremidades inferiores del cuerpo humano constituyen el soporte esencial para la posición bípeda, base del servomecanismo antigravitatorio y piezas fundamentales para la marcha. Las partes generales de las extremidades inferiores son, cadera, muslo, rodilla, pierna, tobillo, pie y dedos. Comúnmente en los estudios y referencias del pie se incluyen los dedos. El pie está constituido por 26 huesos, 33 músculos y más de 100 ligamentos, diseñados todos ellos para soportar el peso y distribuir la carga corporal, relacionados con otras tantas articulaciones que le confieren una estructura semi-rígida, aunado a un complejo sistema vascular arterial que le proporciona los nutrientes necesarios y a una red nerviosa que le da la sensibilidad y propiocepción, permitiéndole realizar los más complicados movimientos a través de los diversos grupos musculares que le confieren la capacidad para adaptarse a toda clase de superficies.

Los avances científicos de la biomecánica del pie van en todas las áreas de esta ciencia, las cuales se relacionan y mezclan en ciertos puntos de las propias áreas, tal es el caso del estudio de la marcha humana, para lo que

primeramente deben conocerse las formas y proporciones de los pies y sus componentes, sin embargo, como factor primario de naturaleza, la baropodometría ayuda a explicar determinados fenómenos en relación a dichas formas y proporciones, ya que el efecto de la gravedad interviene de forma directa e indirecta en la concepción de tales formas y proporciones, y que a su vez, son modeladas por la función que ejercen los pies durante la marcha. De esta forma parece cerrarse el círculo de la investigación biomecánica, no obstante que cualquiera de los puntos de este aparente círculo, resulta un buen y adecuado punto de partida.

Así, resulta fundamental conocer la función del pie (figura 3), la cual se compone de tres elementos fundamentales, apoyo del cuerpo, mantener el equilibrio (que compensan los fenómenos físicos del planeta - *movimientos de rotación, traslación y sus fenómenos derivados*-) e inicio del desplazamiento humano (conocido como “*marcha*”).

Para estos tres elementos de la función del pie intervienen músculos, arterias, venas, ligamentos, huesos, etc.,

todos con funciones, movimiento, formas y proporciones específicas

Para el estudio biomecánico del pie debe considerarse el tipo de división de la mecánica newtoniana bajo el que abordará el estudio, es decir, cinemática, dinámica o estática, ya que en función de esto se podrá acotar más fehacientemente el alcance y se obtendrán en mejor medida los resultados esperados.

Los estudios principales en materia de biomecánica realizados al pie han sido:

- ☉ Antropometría.
- ☉ Baropodometría.
- ☉ Análisis de marcha.

Antropometría. Dado que la figura anatómica del pie es de forma irregular, resulta complejo adaptar su forma a la forma de pensamiento típico de simetría, la cual es mucho más fácil de manejar, sin embargo, la mejor simetría que tienen los pies es que uno de ellos es “casi” igual al otro pero en proyección opuesta, por lo tanto, a partir de la antropometría se han determinado las dimensiones volumétricas y lineales con base particularmente en su estructura ósea, seguido de su concentración de tejido adiposo y por último por la estructura dérmica. EL general, se ha

particularizado el estudio de la antropometría del pie en la división estática de la mecánica, particularmente por la complejidad en la creación de tecnologías de análisis.

Al estudio de la antropometría del pie se le ha denominado “*antropodometría*”.

Baropodometría. Esta materia aborda el estudio de las presiones generadas entre la planta del pie y el piso y el objeto de los estudios se ha diversificado, siendo tanto estático como dinámico. Para ambos casos se identifican las presiones ejercidas en puntos que van desde un área de 7 mm^2 (en función del diámetro de los sensores de presión de los instrumentos de medición) hasta 36 cm^2 (en función de la división de la zona plantar en áreas, las cuales comúnmente son 8: primer orjejo, orjejos del segundo al quinto, cabeza del primer metatarsiano, cabeza del segundo y tercer metatarsiano, cabeza del cuarto y quinto metatarsiano, medio pie externo, medio pie arco y talón)

Análisis de marcha. Esta materia comprende varias formas de estudio en dos divisiones básicas de la mecánica: la dinámica y la cinemática.

Los estudios comprendidos en esta materia han sido sobre la mecánica de la aceleración y desaceleración del cuerpo a partir de los pies a través de elementos denominados “acelerómetros”; otros estudios han sido en relación a la forma y tipos de movimientos en función de las articulaciones empleando dispositivos denominados “goniómetros”; otros más han comprendido el análisis de las fuerzas de reacción producidas por los pies por medio de dinamómetros de tipo plataforma; de igual forma se han realizado estudios de baropodometría para el análisis de marcha; algunos otros estudios a partir de la marcha humana comprenden la termometría y la propia fisiología de la marcha.

Dentro de la biomecánica del pie se han considerado el elemento de protección y potenciación por naturaleza: *el calzado*, ya que en la mayoría del quehacer humano, éste juega un papel preponderante, al grado de obtener de éste propiedades biomecánicas para el pie, lo cual lo lleva a ser tanto un elemento protésico como ortésico. No obstante a las propiedades biomecánicas del calzado, éste conlleva además consideraciones estéticas que van acordes con las

costumbres, tendencias y creencias sociales como la moda.

Bibliografía

1. Centre Technique Cuir Chaussure Maroquinerie (1987). *La Biomecanique de la Marche*. Lyon, France.
2. Chico Ruiz, Fernando et al (2007). *Pie y Calzado: Diseño Biomecánico*. León, Gto., México.
3. Pollo, Ramiro et. Al (1995). *Guía de Recomendaciones para el diseño de calzado*. Instituto de Biomecánica de Valencia. Valencia, España.
4. Valiant, G.A. (1984). *A determination of the mechanical characteristics of the human heel pad 'in vivo'*, PH. D. Thesis. Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA.

Anexo 1: Figura 1 Áreas que componen la biomecánica

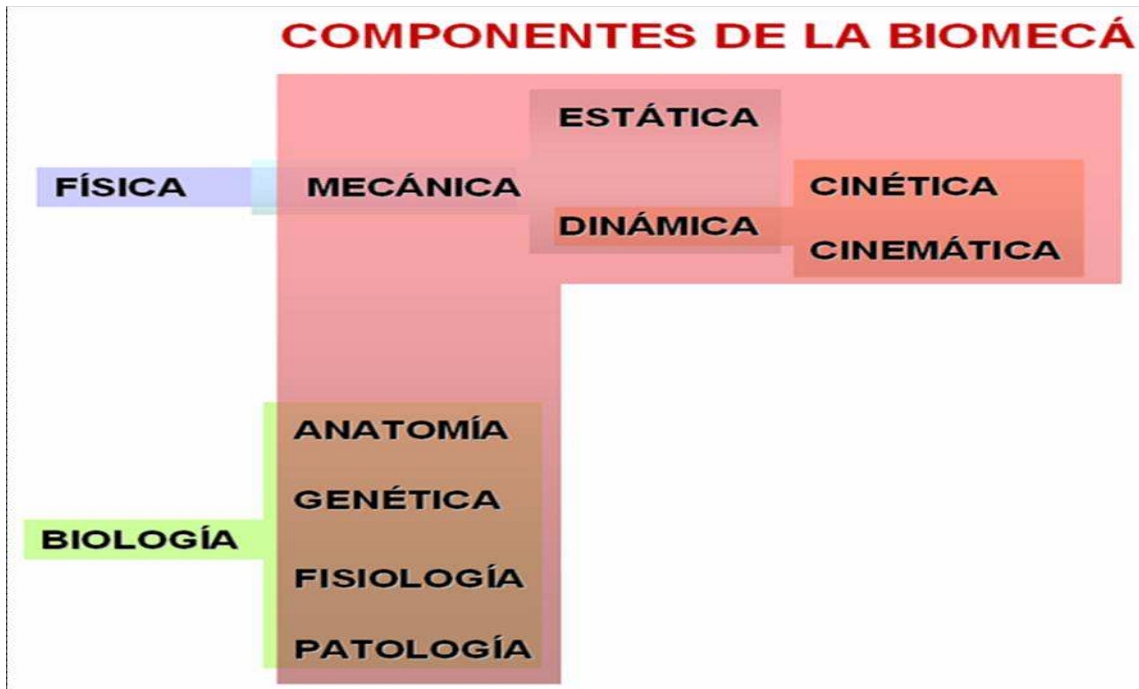


Figura 2.- Principales ramas de la biomecánica

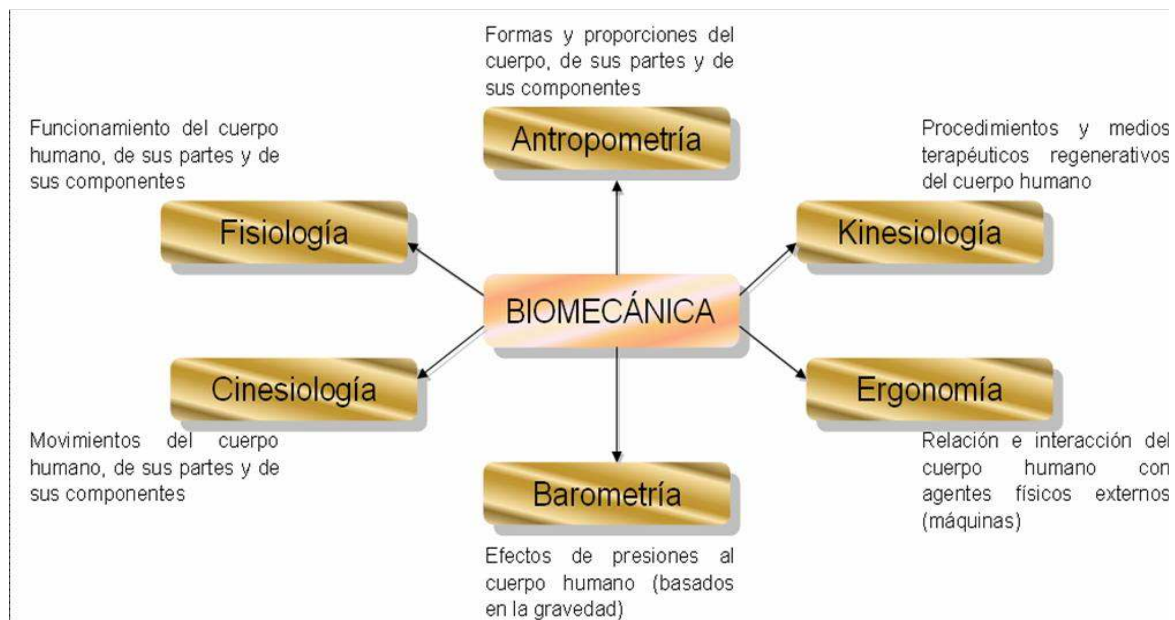


Figura 3.- Huesos, ligamentos, arterias y músculos del pie

