

Marco Antonio Cossio-Bolaños, Miguel de Arruda
Doctorando en Ciencias del Deporte de la FEF, Universidad Estadual de Campinas, S.P., Brasil.
Jefe del Departamento de Ciencias del Deporte de la FEF, Universidad Estadual de Campinas, S.P.
Brasil.

Aplicaciones de la biomecánica al fútbol

Resumen

El objetivo del estudio fue describir la aplicación de la biomecánica con relación al fútbol, para lo cual se utilizaron técnicas de revisión documental para la recolección de la información, a través de las cuales, se da a conocer las características biológicas y mecánicas y los posibles usos en el fútbol, tanto para su diagnóstico, como para el monitoreo de variables cualitativas y cuantitativas. Finalmente, a través de la revisión realizada se considera que las características de la biomecánica deben ser utilizadas por profesionales que trabajan en el fútbol, ya que sus principios podrían ayudar a la consecución de un mejor rendimiento deportivo, es decir en lo físico, técnico, táctico y fisiológico, respectivamente.

Palabras clave: Biomecánica, fútbol, biología, mecánica.

Abstract

The objective was to describe the application of biomechanics in relation to football. For which documentary screening techniques used to collect information. Through which became known biological and mechanical characteristics and potential uses in football, both for diagnosis, to monitor qualitative and quantitative variables. Finally, through the review carried out considering that the biomechanical characteristics should be used by professionals working in football, as its principles could help to achieve better athletic performance, ie the physical, technical, tactical and physiological, respectively.

Keywords: Biomechanics, soccer, biology, mechanics.

1. Introducción

La Biomecánica juega un papel importante en el proceso de enseñanza y entrenamiento de los atletas (Bartlett, 1997), resultando fundamental para el control de entrenamiento, mejorar la técnica deportiva y el rendimiento (Ferro, Floría, 2007), para lo cual se utilizan procedimientos biomecánicos que están encaminados a solucionar movimientos, desde una óptica interna (Biológica) y externa (Mecánica) (Aguado-Jodar, Izquierdo-Rodan, 1995), considerando que su análisis puede ser cuantitativo y cualitativo, en ese sentido varios estudios fueron desarrollados en el fútbol, con la intención de analizar variables fisiológicas (Ekblom, 1986; Reilly, Thomas, 1987; Camera, Gavini, 2002) y variables mecánicas (Oliveira, Amorín, Goulart, 2000; Bangsbo, Norregard, Thorso, 1991; Apor, 1988) que intentan explicar mejor fenómenos. En consecuencia, el conocimiento de la terminología de las bases y de los principios biomecánicos, es necesario y fundamental para los profesionales que trabajan en el fútbol, por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue describir las aplicaciones de la Biomecánica al fútbol.

2. Aspectos históricos de la Biomecánica deportiva

La biomecánica se remonta a la época de Aristóteles (384-322 A.C) en los tratados de astronomía, considerando que en aquella época se mostraban conceptos erróneos de los movimientos astronómicos y al mismo tiempo no era valorizada la observación cuántica, la experimentación y la medición de los mismos, ya que eran impuestos

por los dogmas de esa época, sin embargo ya Copérnico (1473-1543) tenía propuesto el Heliocentrismo, que se refiere a las medidas y lugares astronómicos que han sido referidos al centro del sol.

Más tarde, Brahe (1546-1602) desarrolló la observación cuántica con muchos estudios, incluyendo 777 estudios y 5 planetas (Brenzikofer, 1997), los cuales fueron continuados por Kepler, quien se convirtió en discípulo de Brahe hasta su muerte. Los trabajos que se continuaron se concretaron en lo que se conoce hoy como las tres leyes de Kepler (las de las órbitas, áreas y armonías), consolidándose en dicha época como astronomía exacta y científica, y no como una astronomía dogmática.

Las leyes de Kepler, sin duda que ayudaron al físico-matemático inglés Newton (1642-1727) en el cálculo infinitesimal, gravitación universal y especialmente en los Principios de la Mecánica ^{1(a)} (inercia, de acción de las fuerzas y de acción y reacción).

Todos estos descubrimientos ayudaron a evolucionar la biomecánica, y a lo largo de estos 250 años los investigadores en esta área, han utilizado los modelos que existen en la actualidad (matemáticos, estadísticos, físicos) (Freitas, 1997, Lima, 1997) e interrelacionan características comparando ciertos movimientos de personas diferentes, utilizando ecuaciones, propiedades físicas y biológicas del cuerpo humano, así como también, lo relacionan con la actividad del músculo a los potenciales eléctricos (Brenzikofer, 1997), siendo medidos estos potenciales en instrumental muy sofisticado.

En la actualidad, continúan siendo válidas las leyes de la mecánica, que rigen hasta la actualidad como modelos estáticos, dinámicos y cinemáticos, considerando de esa forma que la biomecánica alcanzó su máximo desarrollo en la construcción de instrumentos como la cámara fotográfica, ya utilizada por Etienne-Jules (1830-1904) registrando fotos de cuerpos en movimiento (Brenzikofer,

1997), y más tarde, Braune, Fisher (1987) señalan que a mediados de los 1800 se realizaron estudios preliminares de reconstrucción tridimensionales de marcha, y más adelante Sheldon (1940) en estudios de somatotipo, en Antropometría, intentando clasificar el cuerpo humano en endomorfa, mesomorfa y ectomorfa, utilizando registros fotográficos para dicha clasificación.

- Endomorfo: Tendencia a la gordura.
- Mesomorfo: Equilibrado.
- Ectomorfo: Tendencia a la delgadez.

En la década de los años 60, Bernstein (1896-1966), fue quien estudió el movimiento del cuerpo humano, utilizando diversas técnicas de registro, con frecuencias de captación de hasta 600 HZ, todos ellos basados en técnicas de registros fotográficos de observación (Berstein, 1967), destacando que dichos estudios fueron basados en modelos matemáticos de ecuaciones.

El progreso de las técnicas de medición, recolección, almacenamiento y procesamiento de datos, contribuyeron enormemente para el análisis de movimiento biomecánico (Amadio, 1997), considerando que el desarrollo científico y tecnológico que se observa actualmente en la biomecánica, es producto de nuevas posibilidades y opciones de procedimientos en la elaboración y operación de datos (Amadio, 2001), los cuales se reflejan en las mediciones *indirectas*, efectuadas por medio de la fotogrametría y los medios *directos* que se realizan por medio de laboratorios sofisticados, haciendo referencia a la electromiografía (EMG), plataformas de fuerzas y a las células fotoeléctricas (García-Fojeda, Biosca, Valios, 1997).

3. Aspectos conceptuales de la biomecánica deportiva

La biomecánica deportiva juega un papel importante en el logro de una técnica deportiva eficaz, puesto que puede ayudar a comprenderla, a mejorar su enseñanza y su entrenamiento (Bartlett, 1997). Es una disciplina que utiliza los principios y métodos de la mecánica para el estudio de los seres vivos, teniendo en cuenta sus peculiaridades (Aguado-Jodar, Izquierdo-Redin, 1995); además se ocupa del análisis físico de los

1 (a) PRINCIPIOS DE LA MECÁNICA: 1. P. Inercia: Un punto material no puede modificar por sí mismo su estado de reposo o de movimiento. 2. P. De acción de las fuerzas: Las fuerzas son proporcionales a las aceleraciones que producen. 3. P. Acción y reacción: Una fuerza que actúa sobre un cuerpo, produce en este una reacción igual y opuesta a ella.

sistemas biológicos y consecuentemente del análisis físico del movimiento del cuerpo humano (Amadio, 2001) y el aparato locomotor durante la práctica deportiva. Bajo esta perspectiva, cabe destacar en un sentido, la definición que le da la Asociación Americana de Ingeniería Mecánica, AMIN (1972), al referirse al estudio del cuerpo humano como un sistema, bajo dos conjuntos de leyes: Las leyes de la mecánica newtoniana y las leyes biológicas.

Por tanto, el movimiento mecánico en los seres vivos se pone de manifiesto en el desplazamiento de todo el bio-sistema, respecto a su entorno (medio, apoyos, cuerpos físicos) y la deformación del bio-sistema mismo y el desplazamiento de alguna de sus partes, respecto a otras (Zatsiorski, 1990).

El Instituto de Biomecánica de Valencia, IBV (1992), define más específicamente a la biomecánica deportiva, como el conjunto de conocimientos interdisciplinarios generados a partir de utilizar, con el apoyo de otras ciencias biomédicas, los conocimientos de la mecánica y distintas tecnologías, en primer lugar el estudio del comportamiento de los sistemas biológicos y en particular del sistema del cuerpo humano, y segundo en resolver los problemas que le provocan las distintas condiciones a las que puede verse sometido.

4. Objeto de estudio

El objeto de estudio de la biomecánica es el *movimiento* (Amadio, 1997), el cual se refiere a los movimientos del hombre en el proceso de ejercicio físico, además analiza las acciones motoras del deportista como sistema de movimientos activos, recíprocamente relacionados (Zatsiorski, 1990).

Por otro lado, el papel que desempeña la biomecánica, dentro de las ciencias del deporte según García-Fojeda, Biosca & Valios (1997), es mejorar la técnica deportiva, con el fin de optimizarla y evitar las lesiones por sobrecarga, corrigiendo su origen; para tal efecto, es necesario contar con un instrumental sofisticado y con personal altamente calificado.

Otro de los objetivos de la biomecánica deportiva de alta competición, es desarrollar métodos de medida de registro, reducir el peso del ma-

terial deportivo, sin detrimento de sus características (Barbero-Álvarez, 2001), con el propósito de conseguir una mejor performance deportiva. Sin embargo, Aguado-Jodar, Izquierdo-Redín (1995) consideran que los objetivos de la biomecánica deportiva están estrechamente relacionados con el deportista, con el medio y el material deportivo, respectivamente. De ese modo, podemos resaltar en relación al medio, se deben mejorar las técnicas deportivas, corregir defectos, ofrecer nuevos instrumentos, etc., así también en relación con el medio intensificar los estudios para optimizar la propulsión, el contacto con el suelo, aire, viento, etc. y finalmente, el material deportivo debe tener como objetivo, disminuir los pesos, mejorar la calidad, es decir que permitan mejorar las marcas y/o resultados deportivos.

5. Clasificación de la biomecánica

Existen varios criterios de clasificación de la biomecánica deportiva, siendo uno de los más aceptados el que propone García-Fojeda, Biosca, Valios (1997), en el cual sostiene que puede ser interna y externa, considerando que la biomecánica interna se refiere a las sollicitaciones mecánicas a que serán sometidos los diferentes tejidos y las consecuencias de estas sollicitaciones sobre los mismos. La biomecánica externa estudia los cambios en las posiciones espaciales a lo largo del tiempo, de los diferentes segmentos corporales.

Por otro lado, tradicionalmente la biomecánica deportiva suele ser clasificada en cinemática y dinámica (estática y cinética) (Aguado-Jodar, Izquierdo-Redín, 1995; Barber-Álvarez, 2001), sin embargo, realizando un análisis exhaustivo se puede considerar la biomecánica deportiva, como biomecánica interna y externa, donde la *biomecánica interna* está relacionada con las demandas fisiológicas y bioquímicas, como por ejemplo las concentraciones de lactato sanguíneo, de amonio (NH₃), frecuencia cardíaca, entre otras variables que se investigan durante los encuentros de fútbol (Camera, Gavini, 2001), los cuales varían con el nivel de competencia, estilo de juego, posición de juego y factores ambientales (Reilly, 1994; Reilly, Thomas, 1972); la *biomecánica deportiva externa*, implica el desarrollo externo del ser humano, observándose los movimientos que efectúa, los cuales pueden

ser estudiados por medio de la estática y dinámica (estática y cinética), traducéndose esto en distancias recorridas, velocidades utilizadas, cambios de ritmo, shutar, entre otras caracte-

rísticas mecánicas, como lo investigaron Apor (1988), Bangsbo, Norregard, Thorso (1991), Oashi, et al., (1988).

CUADRO 1. Clasificación de la biomecánica deportiva, según AGUADO-JODAR, IZQUIERDO REDIN (1995).

Clasificación	Característica	Indicador	Sub-indicadores
INTERNA	Biológica	Fisiológica	FC
			VO2max
			Otros
		Bioquímica	Lactato
			Glucosa
			Hemoglobina
			Otros
EXTERNA	Mecánica	Cinemática	Fotometría
		Dinámica	Estática
			Cinética

La **Cinemática** estudia única y exclusivamente el movimiento de los cuerpos sin considerar las causas que lo originan (Mendoza, 1986), en ese sentido sitúa especialmente a los cuerpos, mediante coordenadas y ángulos, detallando sus movimientos, basados en desplazamientos (recorridos), velocidades y aceleraciones (Aguado-Jodar, Izquierdo-Redin, 1995). Citando algunos ejemplos de cinemática deportiva, tenemos la distancia recorrida por los jugadores de fútbol en los 90 minutos de juego, velocidad de aceleración en el fútbol, frecuencia de zancada en el atletismo, pases cortos, medios y largos en el fútbol, entre otros.

La **Dinámica** estudia la relación entre las fuerzas y los movimientos que la producen (Mendoza; 1986), es decir, cuando el movimiento, o la falta de movimiento, se relacionan con las fuerzas que la provocan. Dentro de la dinámica se considera a la **cinética**, que estudia las fuerzas que provocan el movimiento (Aguado-Jodar, Izquierdo-Redin, 1995), en este caso, podemos resaltar ejemplos como el lanzamiento del balón en el baloncesto, saque lateral en el fútbol, saque de fondo con la mano en el caso del golero, saque de meta, pase,

chute, número de saltos, entre otras variables. Por otro lado, la **estática** estudia las fuerzas que determinan que los cuerpos se mantengan en equilibrio (Mendoza, 1986; Aguado-Jodar, Izquierdo-Redin, 1995), para tal caso, podemos citar como ejemplos típicos cuando un surfista se mantiene en equilibrio, al escalar una montaña, el gimnasta en un aparato, suspenderse en una barra, acciones como mantenerse en un pie, entre otras. En el caso del fútbol, en muy pocas ocasiones se suele observar el equilibrio, salvo en el momento en que el golero va a atajar un penal, al realizar un saque de banda y/o al trastabillar después de acciones confusas de juego.

6. Áreas de la biomecánica deportiva

Una de las clasificaciones que tienen mayor aceptación, es la que propone Baumann (1995), en la cual considera como áreas de estudio de la biomecánica deportiva: la cinemetría, dinamometría, antropometría y la electromiografía EMG (Borges, 1997).

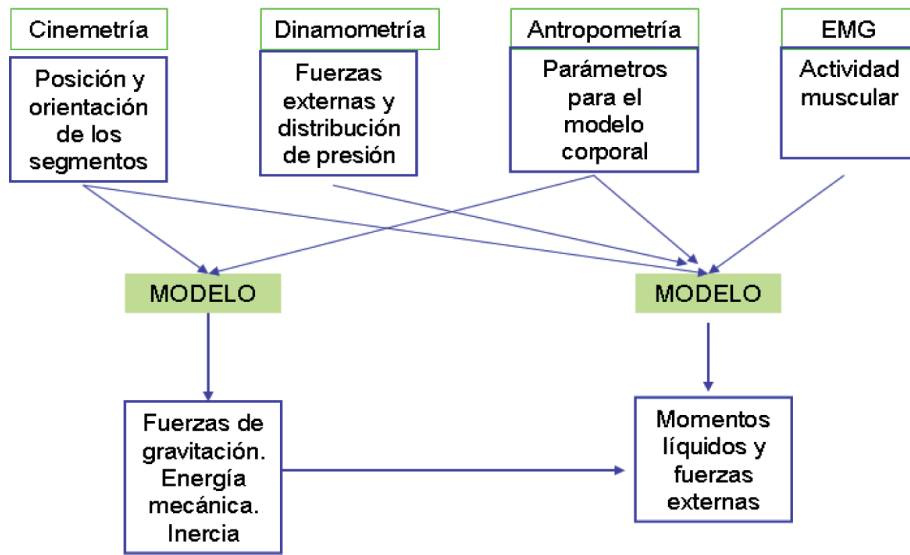


FIGURA N° 1. Áreas de la biomecánica del movimiento humano, según BAUMANN (1995).

7. Métodos de medición

Las técnicas de medición de grandezas físicas aplicadas al cuerpo humano son esenciales para el estudio, tanto de la biomecánica externa y biomecánica interna (Amadio, 1997), y debido al avance tecnológico estos procedimientos están cada vez más relacionados e integrados unos a otros, teniendo de esta forma mayores casos de procedimientos mixtos de medición (Borges, 1997), como el que propone Hay (1993): estrategias para poder evaluar un gesto deportivo cualitativamente a partir de una simple observación, realizada por el entrenador, hasta la utilización de video-cámaras domésticas. Bajo esta perspectiva, la biomecánica deportiva es analizada, a través de mediciones directas e indirectas.

Medición indirecta: Estos métodos se refieren a las medidas que se realizan sobre un soporte, ya sea magnético, fotográfico o de otro tipo (Aguado-Jodar, Izquierdo-Redin, 1995), considerando que los datos obtenidos a través de este análisis son casi exclusivamente de tipo cinemático y referidos a la biomecánica externa (García-Fojeda, Biosca, Valios, 1997), destacando algunos estudios, como por ejemplo la distancia recorrida durante los 90 minutos de juego (Camera, Gavini, 2002; Bangsbo, et al., 1991; Ekblon, 1986), donde dichos autores encontraron como resultado un

promedio de recorrido en los jugadores de la Liga Inglesa (Premier) un total de $10,104 \pm 703$ ms (1er $T=5,216 \pm 388$ ms., y en el 2do $T=4,889 \pm 379$ ms) y en el caso de los jugadores latinoamericanos, se observó una distancia de $8,638 \pm 1158$ ms., (1er $T=4,389 \pm 549$ ms., y en el 2do $T=4,248 \pm 628$ ms), tras celebrarse la Copa América de 1995.

Por otro lado, nuestro medio carece de estudios serios en relación a las sub-áreas que engloban el fútbol, como por ejemplo, sobre características antropométricas, capacidades físicas, estudios fisiológicos, biomecánicos, entre otros, ya que dichos resultados contribuirían a la consecución de resultados valederos. Entre tanto, cabe resaltar que el principal instrumento de medida indirecta es la fotometría (filmaciones y fotografías), pudiéndose realizar estudios como el número de pases con el pie izquierdo-derecho (cortos, medios y largos), número de sprints, desplazamientos laterales, atrás, adelante, entre otras variables; que pueden ser útiles para los entrenadores y preparadores físicos a la hora de planificar los entrenamientos y saber si diferentes posiciones de juego de un mismo deporte expresan un entrenamiento similar en cuanto a los desplazamientos (Aguado-Jodar, Izquierdo-Redin, 1995), número de saltos, sprints cortos, agilidad, entre otros.

TABLA 1. Valores medios de recorrido durante un partido de fútbol, según WITHERS, et al. (1982).

Características de recorrido	Withers, et al. (1982)
	Metros
Trotando	5,139
Andando	3,026
Corriendo (velocidad sub-máxima)	1,506
Sprint (velocidad máxima)	666
Corriendo para atrás	285
Andando para atrás	590
Moviéndose para los lados	316
Distancia recorrida c/balón	218
Cabeceos	13,1

TABLA 2. Número de saltos durante encuentros de fútbol de la selección del Perú (eliminotorias para el mundial 2002).

Partidos	1 ^{er} Tiempo	2 ^o Tiempo	Total Promedio
Perú vs. Chile	4.09±3.23	3.90±2.39	4.00±2.77
Perú vs. Brasil	2.81±1.60	2.54±2.65	2.68±2.15
Perú vs. Ecuador	5.00±4.38	2.00±1.84	3.50±3.62

En la tabla 2, mostrada anteriormente, se pueden observar los resultados de la investigación efectuada por los autores del presente artículo, donde se han analizado tres partidos (filmación), destacando que el primer partido fue de visita y los otros dos de local, a través de los cuales, los resultados de la tabla, permiten sugerir límites superiores y máximos de saltos, sobre todo para el entrenamiento de la pliometría, los cuales pueden ser tomados en cuenta durante las sesiones de entrenamiento cotidianas, ya que a lo largo de dichos partidos se observaron un máximo de 16 saltos.

Estos resultados permiten prescribir el ejercicio de manera científica y exacta, lo cual permitirá entrenar bajo situaciones reales de juego, evitando de esta forma las lesiones.

Finalmente a través de la fotometría, se puede calcular posiciones, trayectorias, velocidades y aceleraciones lineales y angulares de puntos y seg-

mentos corporales (García-Fojeda, Biosca, Valios, 1997), los cuales necesitan de equipos y programas informáticos especializados.

Medición directa: Se refiere a las mediciones que se realizan directamente sobre el individuo, considerando estos métodos de alto grado de confiabilidad y de elevado costo (Aguado-Jodar, Izquierdo-Redin, 1995; García-Fojeda, Biosca, Valios, 1997), en relación a los precios del mercado. Cabe destacar también, que dichos instrumentos, así como son confiables y costosos, pueden distorsionar el movimiento de los atletas, ya que no pueden ser utilizados en situaciones reales de competición, debido a las exigencias de rendimiento de los atletas y las reglas de juego (Aguado-Jodar, Izquierdo-Redin, 1995) y su difícil instalación, manejo y transporte, justo en el momento de la competencia.

Los métodos directos, también son considerados como técnicas sofisticadas, los cuales hacen

referencia a la electro-miografía, la plataforma de saltos y las células foto-eléctricas.

La Electromiografía (EMG): estudia la señal eléctrica generada por los músculos (García-Fojeda, Biosca, Valios, 1997), las cuales pueden ser registradas por electrodos y ser almacenadas en diferentes formatos magnéticos, para su posterior análisis (Clarís et al., 1988); así también, la EMG permite conocer los músculos, trabajar en una determinada acción, identificar la fuerza que producen y por ende, la disminución de la misma fuerza, la que se puede interpretar como fatiga muscular.

Plataforma de fuerza: son utilizados para la medición de las fuerzas que se ejercen contra ellas, en el cual debe intervenir un peso sobre dicha plataforma. Estos instrumentos permiten medir variables como el salto vertical, carreras y lanzamientos, destacando por ejemplo, que para el caso del fútbol se puede utilizar la plataforma de saltos para medir el salto vertical, como propone BOSCO (1996), Squat Jump (SJ), Counter movement Jump (CMJ) y Drop Jump (DJ).

- **Capacidad de Fuerza explosiva (SJ):** consiste en que el sujeto parte de una semi-flexión, con un ángulo para las rodillas de 90°, sin realizar ningún tipo de contra-movimiento preparatorio y saltará hacia arriba lo máximo posible.

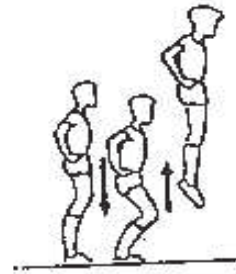


FIGURA 2. Ejemplo de salto vertical en plataforma de salto, Squat Jump (SJ) y Counter movement Jump (CMJ).

- **Fuerza explosiva Elástica (CMJ):** El sujeto parte de una posición de bipedestación, para luego realizar un contra-movimiento preparatorio para el salto que finalmente coincidirá con la parte inicial del SJ.
- **Salto con caída de 40 cm. (DJ):** Consiste en saltar de una altura de 100, 80, 60, 40, 20 cm. de altura y después de la caída realizar una rápida flexión de salto.

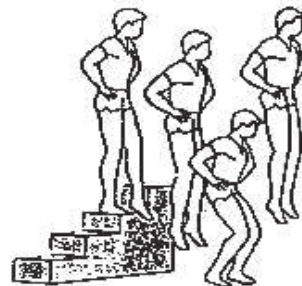


FIGURA 3.- Ejemplo de salto vertical en plataforma de salto: Drop Jump (DJ).

TABLA 3. Ejemplos de saltos verticales en plataforma de salto, de jugadores Profesionales del Club Atlético Ponte Preta (Brasil).

	Promedio (cm.)	Desv. Estándar
Squat Jump (SJ)	34.65	4.25
Counter movement Jump (CMJ)	39.81	3.74
Drop Jump (DJ)	47.48	4.23

Los resultados de la tabla fueron recopilados por los autores, destacando que las evaluaciones fueron efectuadas utilizando una plataforma de salto ERGOJUMP (Tecnología Brasileña), donde el atleta se ubica sobre la plataforma y efectúa los saltos continuados, de acuerdo a los protocolos propuestos por BOSCO (1996), registrándose los datos en un Computador.

Células foto-eléctricas: Permiten realizar mediciones del tiempo con una gran precisión, considerando la velocidad y aceleración (García-Fojeda, Biosca, Valios, 1997) de los atletas, como factores determinantes del rendimiento deportivo. Estas células foto-eléctricas constan de rayos láser, en los cuales, en un trípode contienen una célula que es el emisor y en la otra el receptor, el cual, cuando un sujeto al ultrapasar dichos rayos, las células se activan como si fuera un cronómetro y al ultrapasar las siguientes células el tiempo se detiene. Finalmente, a través de las células foto-eléctricas se puede medir pruebas de velocidad (reacción, aceleración y desplazamiento total) y agilidad.

Consideraciones finales

Luego de efectuada la revisión bibliográfica se considera que las características de la biomecánica deben ser utilizadas por profesionales que trabajan en el fútbol, ya que sus principios podrían ayudar a la consecución de un mejor rendimiento deportivo en lo físico, técnico, táctico y fisiológico, respectivamente.

Referencias bibliográficas

AGUADO-JODAR, IZQUIERDO-REDIN, M.: 16 prácticas de biomecánica. Universidad de León, 1995.

AMADIO, A. Considerações metodológicas da biomecânica: Areas de aplicação para análise de movimento humano: IN: ANAIS VII Congresso Brasileiro de Biomecânica, Campinas, p.11-15, 1997.

AMADIO, A.: Aspectos da tecnologia aplicada á análise do movimento humano: VII Congresso Nacional de Educação Física, deporte y Recreación, Lima-Perú, 2001.

ASOCIACIÓN AMERICANA DE INGENIERÍA MECÁNICA, EN: GARCÍA-FOJEDA, A. & BIOSCA, F. & VALIOS, J.: La biomecánica: Una herramienta para la evaluación de la técnica deportiva. Rev. Apuntes: Educación Física y Deportes (47), 15-20, 1997.

APOR, P. Science and Football. F. N. Spon (ed.), p. 95-107, 1988.

BANGSBO, J.; NORREGAARD, L. & THORSO, F. Activity profile of competition soccer. Can. J. Sport. Sci. 16, 110-116, 1991.

BARBERO-ALVAREZ, J.: El entrenamiento de los deportes de equipo, basado en estudios biomecánicos y fisiológicos de la competición. Lecturas de Educación Física y Deportes, Rev. Digital. 2001.

BARLETT, R.M. Current issues in the mechanics of athletic activities. A position paper. Journal of Biomechanics, 30, 477-486, 1997.

BAUMANN, W. Métodos de medição e campos de aplicação da biomecânica: Estado da arte e perspectivas. ANAIS VI Congresso Brasileiro de Biomecânica, Brasília, 1995.

BRAUNE, W. & FISCHER, O.: The human gait. Springer Verlag. 1987.

BERSTEIN, N.: The co-ordination and regulation of movements. Pergamon press, Oxford, 1967.

BRENZIKOFER, R.: O método científico: Um desafio permanente. IN: ANAIS VII Congresso Brasileiro de Biomecânica, Campinas, p.24-27, 1997.

BORGES, N.: Metodología em Biomecânica. EN: ANAIS VII Congresso Brasileiro de Biomecânica, Campinas, p.23, 1997.

BOSCO, C. Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista. Revisão e Adaptação de Jordi Mateo Vila. 2. ed. Barcelona: Paidotribo, 1994.

CAMERA, K. & GAVINI, K.: Aspectos fisiológicos, antropométricos y nutricionales. Revista digital Nutrinfo, 2002.

CLARIS, J.; CABRI, J.; DEWITTE, B.; TOUSSAINT, H.; DEGROOT, G.; HUYING, P. & HOLLANDER, P. Electromyography applied to sport ergonomics. Ergonomics, vol. 31, p. 1602-1620, 1988.

- EKBLOM, B. Applied Physiology of soccer. Sports Medicine, 3, 50-60, 1986.
- FERRO, A.; FLORÍA, P. La aplicación de la biomecánica al entrenamiento deportivo mediante los análisis cualitativo y cuantitativo. Una propuesta para el lanzamiento de disco.
- FREITAS, J.: Modelos: Ferramentas e metáforas. EN: ANAIS VII Congresso Brasileiro de Biomecânica, Campinas, p.16-20, 1997.
- GARCÍA-FOJEDA, A. & BIOSCA, F. & VALIOS, J. La biomecánica: Una herramienta para la evaluación de la técnica deportiva. Rev. Apunts: Educación Física y Deportes (47), 15-20, 1997.
- HEYWARD, V: Evaluación y prescripción del ejercicio. Editorial, Paidotribo, Barcelona, 1996.
- INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA, 1992: EN: GARCIA-FOJEDA, A. & BIOSCA, F. & VALIOS, J. LA biomecánica: Una herramienta para la evaluación de la técnica deportiva. Rev. Apunts: Educación Física y Deportes (47), 15-20, 1997.
- HAY, J.: The biomechanics of sport techniques. Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1993.
- LIMA, E.: Análisis de modelos matemáticos de fenómenos aleatorios. EN: ANAIS VII Congresso Brasileiro de Biomecânica, Campinas, p.21-22, 1997.
- MENDOZA, J.: Física: Teoría y problemas. Editorial Gómez, Lima, 1986.
- OHASHI, J.; TOGARI, H.; ISOKAWA, M. & SUZUKI, S. Measuring movement speeds and distances covered during soccer match-play. EN: REILLY 1988.
- OLIVEIRA, P.; AMORIN, C., GOULART, L. Estudo do esforço no futebol junior. Revista paranaense de educação Física, v. 1. n. 2, p. 49-58, 2000.
- REILLY, T. Physiological aspects of soccer. Biology and Sport, London, v. 11, p. 3-20, 1994.
- REILLY, T. & THOMAS, V. Estimated energy expenditures of professional association footballers. Ergonomics 22. 541-548, 1979.
- REILLY, T. & THOMAS, V. Motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. Journal-of-human-movement-studies- 2(2). June 1976, 97. 1987.
- MARTÍN, M. & WALTORTT, I.: Antropometría: Uma revisão histórica: EN: PETROSKI, e.: Antropometría: Técnicas e padronizações. Editora Pallotti, Porto Alegre, 1999.
- WITHERS, R. T.; MARICIC, Z.; WASILEWSKI, S. & KELLY, L. Match analyses of Australian professional soccer players. J. Human Mov. Studies, 8, 159-176, 1982.
- ZATSIORSKI, V. Biomecánica de los ejercicios físicos. Editorial Pueblo y Educación. Moscú, 1988.

Correspondencia

Msc. Marco Cossio Bolaños

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Educação Física

Av. Erico Veríssimo 701, Cidade Universitária – 13083-851

Caixa Postal 6134. Campinas, São Paulo, Brasil.