

Análisis biomecánico de gestos deportivos. Abordaje práctico

Objetivos

Después de que el estudiante haya realizado una lectura de esta sección, estará en capacidad de:

- Obtener secuencias o momentos de movimiento (registros fotográficos o videográficos) de un gesto de movimiento en plano sagital y en plano coronal con las características requeridas para poder realizar un análisis con los ocho criterios de análisis biomecánico.
- Ubicar cada una de las fotografías obtenidas en los sistemas de referencia que se ajusten a tal fin.
- Realizar las mediciones correspondientes con los rangos de movilidad articular observados en cada una de las fotografías del gesto deportivo que se quiere analizar.
- Determinar los vectores de acción muscular que se relacionan con el movimiento o el gesto deportivo que se quiere analizar.
- Realizar la correspondiente sumatoria de vectores de acción muscular por cada una de las fotografías escogidas para el análisis de movimiento/gesto deportivo.
- Realizar el diagrama de cuerpo libre correspondiente con las fuerzas que intervienen en un cuerpo en movimiento.

- Hacer el cálculo de la ubicación del centro de gravedad haciendo uso del método segmentario o de clúster.
- Realizar relaciones entre las características del gesto deportivo con respecto a los términos de trabajo, energía, leyes de Newton, y con las características de comportamiento de cada uno de los tejidos conectivos que se han visto hasta el momento.

Resumen

Entre las diferentes clasificaciones de los deportes en función de los diversos requerimientos técnicos, se observan que estas mismas técnicas para cada deporte, requieren de la realización de esfuerzos físicos, así como a la realización de movimientos concretos que a su vez promueven la activación de diversas cadenas cinéticas. Estos mismos movimientos realizados, también requieren de la activación de los tejidos conectivos que conforman las cadenas cinéticas, estableciendo de esta manera relaciones entre las diversas formas en que cada uno de estos tejidos puede responder ante los diferentes tipos de carga que se aplican en huesos, articulaciones, músculos, ligamentos y tendones en la realización de un gesto deportivo. Todos estos criterios se han venido explicando en este libro, y es en esta sección de la obra en donde se muestran ejemplos concretos y criterios específicos para realizar las aplicaciones de todos los aspectos antes desarrollados (provenientes de la mecánica y de la biología, y complementados con la anatomía), en la observación y descripción de un gesto deportivo. De igual forma, se pueden establecer variados criterios para el análisis biomecánico de gestos deportivos, pero teniendo en cuenta lo que en este libro se han revisado, se establecen ocho criterios para dicho análisis.

Criterios biomecánicos aplicados al análisis de gestos deportivos

Como se ha señalado en el resumen de esta sección, son muchos los criterios que desde la biomecánica se pueden determinar para realizar análisis observacionales de gestos deportivos. Sin embargo, teniendo en cuenta lo que hasta ahora se ha revisado en esta obra (con respecto a los principios de la mecánica, de la biología, más lo que ya el estudiante se espera tenga de anatomía y fisiología), se han establecido ocho criterios de análisis biomecánico que se nombran a continuación:

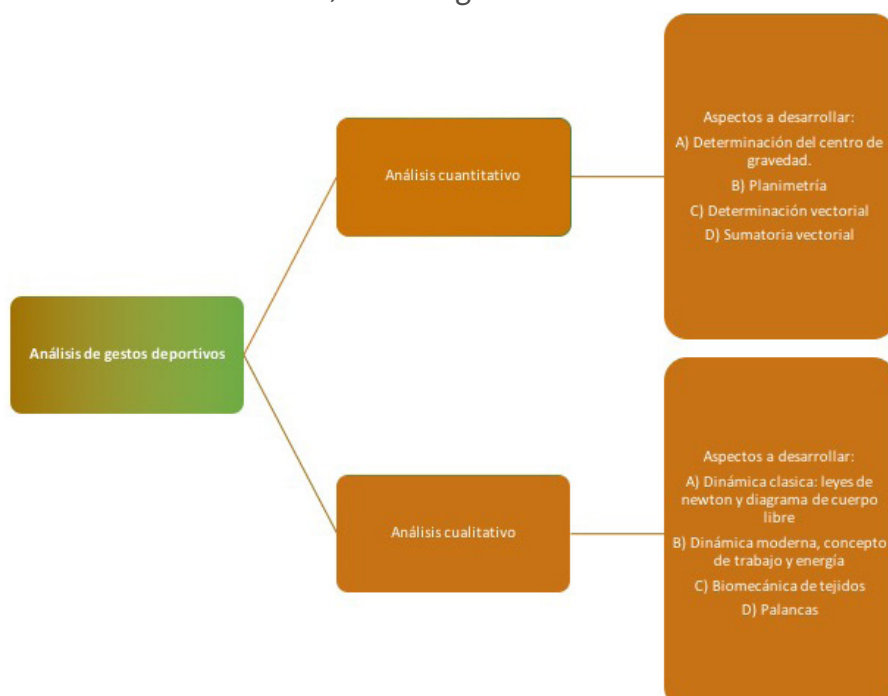
- Ubicación de las fotografías del gesto deportivo en sistemas de referencia (planos corporales), con los puntos de referencia determinados para cada plano.
- Medición de los rangos de movilidad articular observados en cada una de las fotografías del gesto deportivo que se quiere analizar.
- Determinación de los vectores de fuerza de acción muscular, siguiendo cinco criterios que serán descritos en la correspondiente sección.
- Sumatoria de los vectores de acción muscular antes determinados.
- Determinación del centro de gravedad a través del método segmentario o clúster.
- Realización del diagrama de cuerpo libre de la figura de análisis a partir de los vectores de fuerza que participan en dicho movimiento.
- Establecimiento de la relación entre las leyes de Newton y el gesto deportivo analizado.
- Establecimiento de la relación entre conceptos de: trabajo, energía y biomecánica de tejidos conectivos con el gesto deportivo escogido para analizar.

Los cuáles serán aplicados en un ejemplo concreto de análisis que se mostrará en esta sección, y se explican en la figura 58, que ejemplifica de forma más dinámica, el abordaje realizado en clase sobre el análisis de gestos deportivos:

Ubicación de las fotografías del gesto deportivo a analizar y medición de rangos de movilidad articular

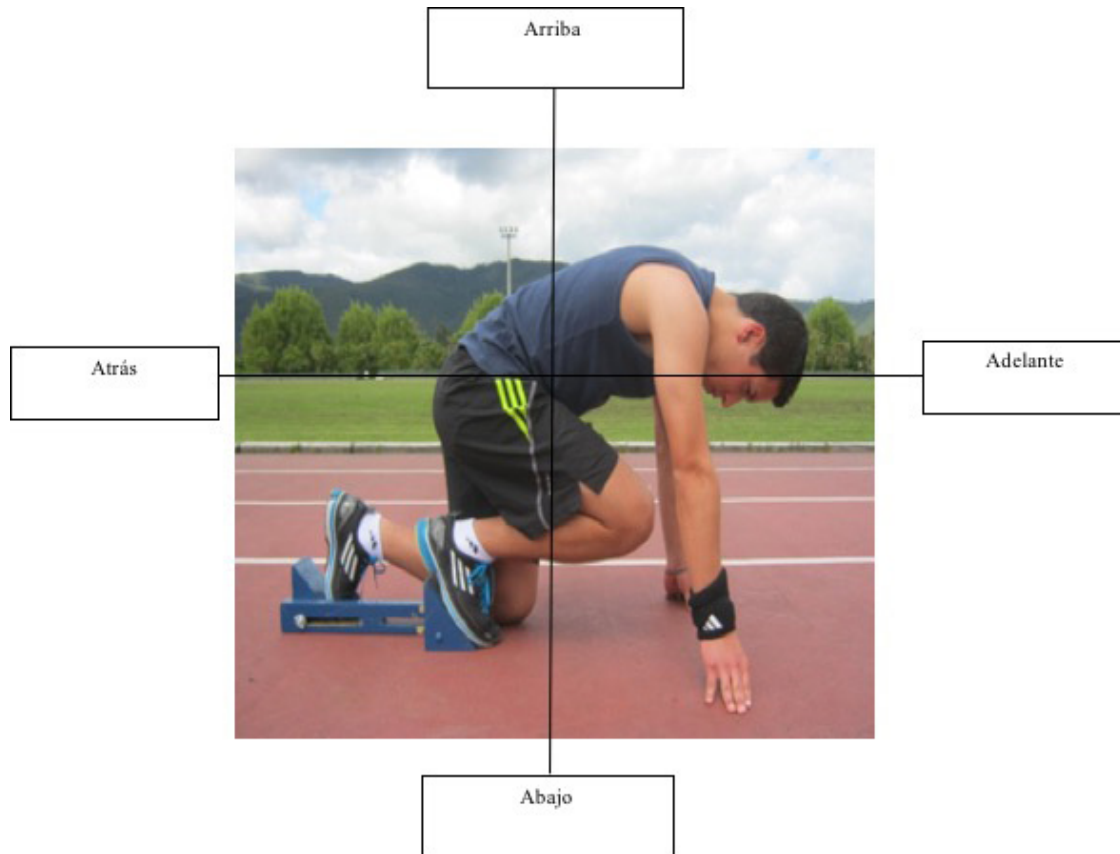
Para el ejemplo que se mostrará en esta sección, se ha escogido una posición o una figura bastante importante de movimiento en la realización del gesto técnico de la carrera. El momento de movimiento que se ha escogido para analizar se ha denominado como posición de “en sus marcas”, en donde el deportista se encuentra asumiendo una postura clasificada como “cuerpo en estado inercial de reposo”. La fotografía que se ha escogido para el análisis se ha obtenido mediante una ráfaga de fotos, tomada con una cámara digital de alta resolución, dispuesta sobre un trípode. De la secuencia de fotos, que se ha tomado siguiendo las recomendaciones dadas en la anterior sección, se ha escogido la fotografía mostrada como la figura 58, en la cual se ubican de igual forma, tanto el sistema de referencia, como los puntos de referencia de este mismo.

Figura 58. Mapa básico de abordaje para el desarrollo del análisis de gestos deportivos realizado en la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás, sede Bogotá



Fuente: elaboración propia.

Figura 59. Fotograma de la posición de “en sus marcas” de la carrera de velocidad, ubicada en su correspondiente sistema de referencia (plano sagital) con sus puntos de referencia (adelante, atrás, arriba y abajo).



Fuente: elaboración propia.

Una vez se ha ubicado la foto en el sistema de referencia correspondiente, se procede a la medición de los rangos de movilidad articular. Para la medición de los rangos de movilidad se dispone de un transportador con el cual se miden sobre el fotograma, los rangos de movilidad (en grados) para cada articulación, teniendo en cuenta los rangos de movilidad articular activa de cada articulación, así como los movimientos que cada articulación registra en el sistema de referencia en el cual se ha ubicado el fotograma escogido (que en este caso, al ser un plano sagital, se registrarán movimientos de flexión, extensión, planti y dorsiflexión). Los resultados obtenidos se registran en la tabla 16.

Tabla 16. Rangos de movilidad registrados en la figura del fotograma, de acuerdo al sistema de referencia

PLANO Y EJE	MOVIMIENTO	RANGO DE MOVILIDAD
Plano sagital y eje transversal	Extensión de cuello	22°
	Flexión de hombro	95°
	Flexión de Tronco	141°
	Flexión de cadera	38°
	Flexión de rodilla	Der: 34° - izq: 56°
	Plantiflexión tobillo	Der: 50° - izq: 58°

Fuente: elaboración propia.

Determinación y sumatoria de vectores de acción muscular en el gesto deportivo analizado

Una vez que se han registrado los rangos de movilidad articular que se observan en la figura de análisis, en el afán de determinar el comportamiento de las cadenas cinéticas activas en la realización de un gesto deportivo, se debe determinar uno o varios responsables musculares de todas las acciones articulares registradas anteriormente, por lo que es necesario realizar las determinaciones de los músculos que actúan en el desarrollo del gesto deportivo escogido, concretamente relacionados con las acciones articulares medidas.

Para la determinación de vectores de acción muscular es necesario tener los siguientes criterios:

El rango de movilidad articular, el cual es necesario para saber qué movimiento realiza cada articulación y en qué rango o grado lo hace. Este factor determina el grado de inclinación que tendrá el vector representativo de la acción muscular en el sistema de referencia en donde este se represente gráficamente. De igual forma, al saber la acción articular realizada, es muy fácil determinar el músculo que realiza dicha acción.

El origen y la inserción del músculo encargado de realizar la acción articular: para hacerse una idea de cuál es el brazo de palanca que tendrá el músculo sobre la articulación, para generar una acción completa de toda la cadena.

Si el músculo actúa de origen a inserción o de inserción a origen: este criterio determina el sentido del vector dentro del sistema de referencia en el cual se hará su representación gráfica. Cuando el músculo actúa de origen a inserción, el vector apunta su sentido hacia el punto (0,0) del sistema de referencia, en tanto que si actúa de inserción a origen, el sentido del vector estará dirigido hacia la parte externa del sistema de referencia, en donde se represente gráficamente el vector de acción.

Distribución de fibras del músculo analizado: existen varias formas en las cuales las fibras de un músculo están dispuestas. De igual manera hay músculos con distribución de fibras fusiformes, con fibras diagonales o triangulares, con distribución de fibras bipenadas o unipenadas. De esta forma, los músculos con distribución de fibras fusiformes o triangulares generan vectores de acción musculares de gran magnitud, mientras que los músculos con distribución de fibras bipenadas o unipenadas generan vectores de acción muscular de poca magnitud.

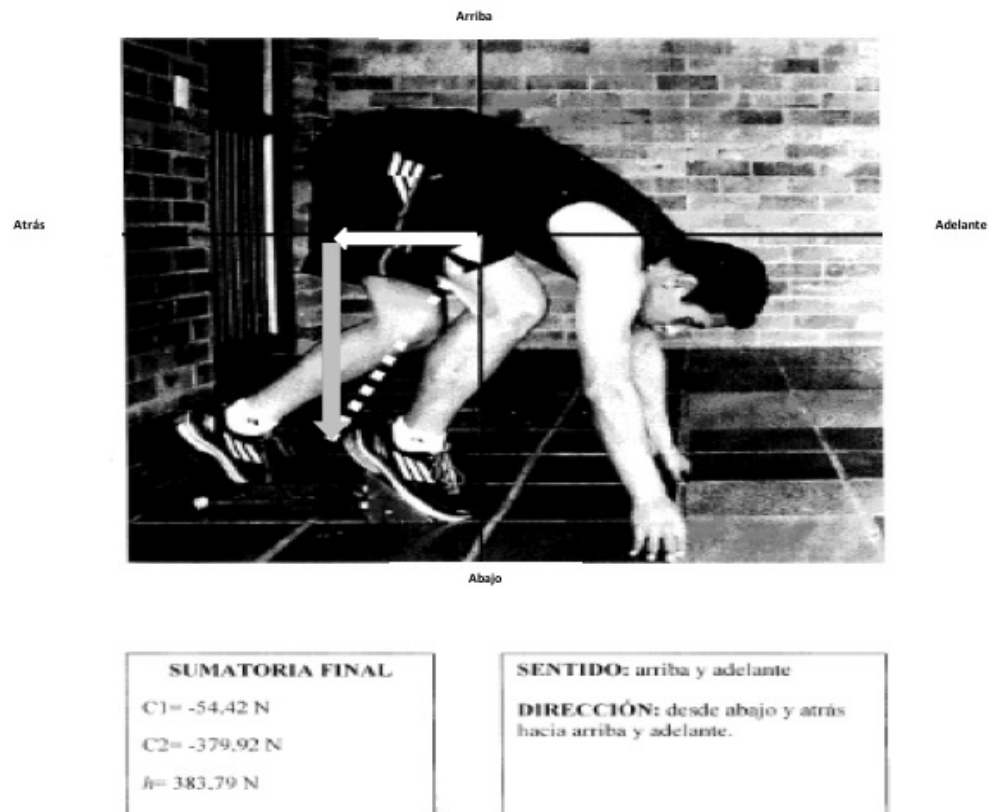
Valor (en Newton) de fuerza de acción que realiza el músculo analizado: en este caso siguiendo un parámetro descrito por Siff y Mel en 2000, que dice que en la acción muscular realizada en las actividades o ejercicios, los músculos de miembros superiores pueden generar fuerzas de entre 40–60 N, mientras que los músculos de miembros inferiores pueden generar fuerzas de entre 60–90 N, y los músculos de tronco generarán fuerzas de 60 N promedio (Ruiz, 2011; Ferro, 2012).

Con todos estos criterios, se procede a realizar una gráfica vectorial de cada acción muscular, determinando así cada uno de los vectores de acción muscular para el gesto deportivo analizado. La figura 60 muestra esta determinación para la posición de “en sus marcas” de la carrera de velocidad.

Una vez se han determinado todos los vectores de acción muscular, estos se deben disponer en el mismo sistema de referencia que se ha dispuesto desde el principio, y a partir de la aplicación de los tres métodos matemáticos de sumatoria vectorial (componentes, aritmético y Pitágoras) se determina el vector final resultante de la acción muscular y se ubica en el fotograma del gesto deportivo analizado, indicando no solo el módulo (o valor numérico obtenido), sino el sentido y la dirección del vector resultante, que debe corresponder con la acción motriz observada a simple vista, dispuesta en

el fotograma a analizar. La figura 60 muestra la resultante de las acciones musculares que se han determinado previamente para la posición de “en sus marcas” de la carrera de velocidad.

Figura 60. Resultante de fuerzas de acción muscular para la posición de “en sus marcas” de la carrera de velocidad



Fuente: elaboración propia.

Determinación del centro de gravedad en el fotograma escogido para el análisis

Por la aplicación del método segmentario o de clúster para el cálculo del centro de gravedad, se obtienen los siguientes datos, registrados en la tabla 17.

Tabla 17. Datos de ubicación de los centros de gravedad segmentarios y del porcentaje de peso relativo de los segmentos para el cálculo del centro de gravedad en la figura de análisis

Segmento del cuerpo	% del peso segmental	Valor de la coordenada x	Productos X (%) del peso	Valor de la coordenada Y	Producto y (%) del peso
Cabeza y cuello	.079	94	7,42	54	4,26
Tronco	.511	63	32,19	65	33,21
Brazo superior derecho	.027	81	2,18	55	1,48
Brazo inferior derecho	.016	85	1,36	32,5	0,58
Mano derecha	.006	88	0,52	15	0,09
Brazo superior izquierdo	.027	79	2,13	52,5	1,41
Brazo inferior izquierdo	.016	79	1,26	38	0,6
Mano izquierda	.006	80	0,48	25	0,15
Muslo derecho	.097	55	5,33	45	4,36

Pierna inferior derecha	.045	55	2,47	32,5	1,46
Pie derecho	.014	38	0,53	26	0,36
Muslo izquierdo	.097	48,5	4,7	38	3,68
Pierna inferior izquierda	.045	34,5	1,55	28	1,26
Pie izquierdo	.014	17,5	0,24	29	0,4
Total de los productos			62,36		53,24

Fuente: elaboración propia.

De igual forma, la figura 61 muestra el resultado gráfico de dicho cálculo:

Figura 61. Ubicación del centro de gravedad en la figura de análisis



Fuente: elaboración propia.

Relación de las leyes de Newton con el gesto deportivo analizado

Se pueden relacionar los enunciados de las tres leyes de Newton en la posición de “en sus marcas”, de la siguiente forma:

- a. Primera ley de Newton: ley de la inercia. El atleta adopta una postura de equilibrio estático que le permite predisponer su cuerpo a la ejecución posterior de la carrera, siempre y cuando una fuerza no haga que el estado de equilibrio estático cambie. Este equilibrio estático (o estado inercial de reposo) se rompe en el instante en que el atleta escucha la señal de partida y comienza la puesta en acción, en donde el cuerpo entrará entonces en estado de equilibrio dinámico (o en movimiento). Dicho estado inercial de reposo se mantendrá en el transcurso de la carrera siempre y cuando una fuerza no cambie dicho estado.
- b. Segunda ley de Newton: esta se ve reflejada claramente en la puesta en acción que el atleta realiza luego de la señal de partida (instante inmediatamente posterior al mostrado en el fotograma). Al iniciar la carrera, el atleta busca aumentar progresivamente su velocidad hasta llegar a la máxima velocidad alcanzada. El proceso de aceleración del cuerpo del atleta tarda entre 30 a 50 metros y cuando ya alcanza su velocidad máxima, la aceleración generada es directamente proporcional a la fuerza muscular realizada (representada por los vectores de acción muscular determinados antes en esta sección) y es inversamente proporcional a la masa del cuerpo del atleta.
- c. Tercera ley de Newton – ley de acción/reacción: durante la puesta en acción se puede ver reflejada esta ley, debido a que gracias a la fuerza de acción muscular antes reportada, el deportista genera un vector de fuerza hacia el suelo, y el suelo a su vez genera una fuerza opuesta hacia el cuerpo del deportista. En este caso ambas fuerzas son de la misma magnitud pero en sentidos opuestos, por lo que el deportista en la posición de “en sus marcas” permanece en estado inercial de reposo (Ruiz, 2011; Ferro, 2012).

Relación de los conceptos de trabajo y energía con el gesto deportivo analizado

El trabajo hace referencia a la asociación de fuerza y el desplazamiento y se define como el producto de la fuerza por la distancia recorrida. A nivel muscular, la contracción isométrica constituye en este caso una ventaja al permitir mantener una posición concreta en la fase de “en sus marcas” de la carrera de velocidad. En este caso no se asume que se esté realizando un trabajo, pero sí existen fuerzas presentes que son las encargadas de que el atleta mantenga la forma básica del gesto deportivo. Aquí se aplica la premisa básica de “no toda fuerza produce movimiento o trabajo”. Por otra parte, durante la puesta en acción, el cuerpo del atleta sí realiza un trabajo. Debido a que la fuerza muscular generalizada por el deportista permite que este mismo recorra una distancia, entendiendo esta última como el inicio del periodo de aceleración de la carrera (Ruiz, 2011; Ferro, 2012).

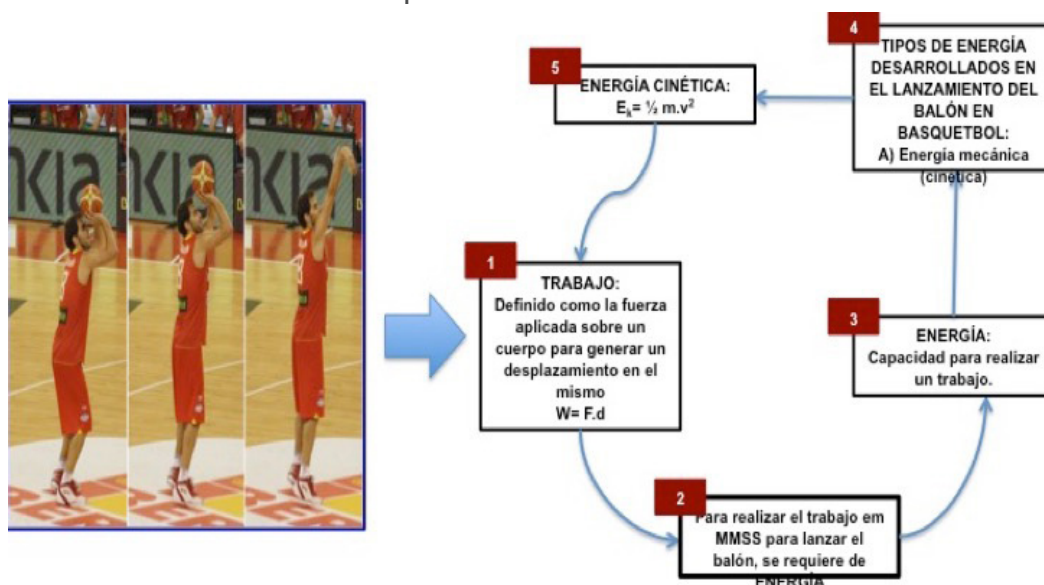
En cuanto al concepto de energía, para la fase concreta de “en sus marcas” se pensaría que no se gastaría energía ya que no hay trabajo realizado por el cuerpo del atleta. Sin embargo el simple hecho de que varios de los grupos musculares que se encuentran en contracción isométrica (especialmente los músculos de tronco), para mantener dicha postura, requieren de energía. De acuerdo con esto, en el contexto de este tipo de contracción, el músculo requiere de ATP, que a su vez lo obtiene de la glucosa, que se obtiene a partir de la digestión de los alimentos que permiten obtener los principales sustratos energéticos. Estos sustratos energéticos que el músculo utiliza para su contracción muscular, se denominan como energía química.

Asimismo, la energía química, siguiendo uno de los principios básicos nombrados en las leyes de la termodinámica que dice: “la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma”, se puede transformar y convertir en otro tipo de energía. Para el caso concreto de la posición de “en sus marcas” de la carrera de velocidad, la energía química obtenida de los alimentos, y convertida en ATP, se transforma en energía potencial que se puede acumular más específicamente en los tejidos elásticos no contráctiles, como tendones, ligamentos, fascias y aponeurosis, ayudando de esta forma a mantener la posición de “en sus marcas”. Esta energía química es la que igualmente facilita la contracción isométrica de los varios grupos musculares que específicamente en tronco y en miembros inferiores también se encargan de mantener la postura.

Entre tanto si se evalúa el instante inmediatamente posterior a esta posición de “en sus marcas” se observará que el atleta pasa de estar en una posición inercial de reposo a un estado inercial de movimiento, por lo que la energía química que se traduce en ATP para el músculo, lo hace en energía cinética, evidenciada por la contracción isotónica de los diferentes grupos musculares que se activan durante el movimiento del cuerpo del atleta en la realización del gesto deportivo de la carrera (Ruiz, 2011; Ferro, 2012).

Todo el análisis que se ha realizado hasta este momento, se puede resumir de forma más dinámica y práctica mediante un diagrama de flujo o cuadro sinóptico, en el cual se evidenciaría el establecimiento de una relación entre los conceptos de trabajo y energía. La figura 62 muestra un ejemplo de lo que podría ser un análisis de trabajo y energía para el gesto deportivo del lanzamiento del balón en el basketbol (fase de impulso) mediante un diagrama de flujo.

Figura 62. Ejemplo de diagrama de flujo de relación trabajo–energía en el lanzamiento del balón de basketbol



Fuente: elaboración propia.

Relación de los tejidos conectivos con el gesto deportivo analizado

Anteriormente se han descrito las cualidades de conformación de cada uno de los tejidos conectivos que conforman una cadena cinética, (entre ellos músculo esquelético, cartílago articular, ligamento, tendón y hueso). Cada uno de ellos tiene un comportamiento específico en la realización de gestos de movimiento. La idea para la realización de un análisis de gesto deportivo con respecto a la respuesta de los tejidos ante la carga, es escoger uno de los tejidos que tenga mayor papel en la realización del gesto deportivo. Para este caso concreto se escogerá el cartílago articular y su comportamiento en la realización de la posición de “en sus marcas” de la carrera de velocidad.

El cartílago articular es un tejido que se denomina como “poroso permeable” en la medida en que su estructura está dispuesta para absorber las cargas impuestas. De ahí que el cartílago se comporte mejor como tejido ante las cargas compresivas y cizallantes. Para este caso concreto, se escoge el cartílago articular que se encuentra dispuesto en las superficies articulares que conforman la articulación de los tobillos en el atleta de la figura 59. Se parte del hecho que los tobillos están sometidos, por la misma posición en la que se encuentran en la figura de “en sus marcas” en carga compresiva y cizallante. A partir de este tipo de carga, el cartílago articular bajo su conformación de “esponja” tiende a liberar agua hacia el espacio articular. La liberación de agua por parte del cartílago articular se presenta como consecuencia de dos factores básicos que se pueden explicar a continuación:

La disposición de los componentes de la matriz extracelular: la cual está en su gran mayoría constituida por agua y electrolitos (aniones —con carga negativa, ejemplo el cloro y cationes— con carga positiva, ejemplo el sodio y el potasio) y los elementos de su fase sólida como los glucosaminoglicanos, que forman una malla que permite que el cartílago sea o se vea estructuralmente como un tejido poroso, que facilita el intercambio de agua y de electrolitos con el medio ambiente externo.

La interacción del agua y de los electrolitos con carga negativa y positiva que se sucede al interior del tejido cartilaginoso, explicado mediante el efecto fisiológico de Gibbs y Donnan, que señala que “una partícula de gran tamaño molecular atrae partículas de carga opuesta y repele partículas de carga similar. En este caso, las proteínas de los proteoglicanos que conforman

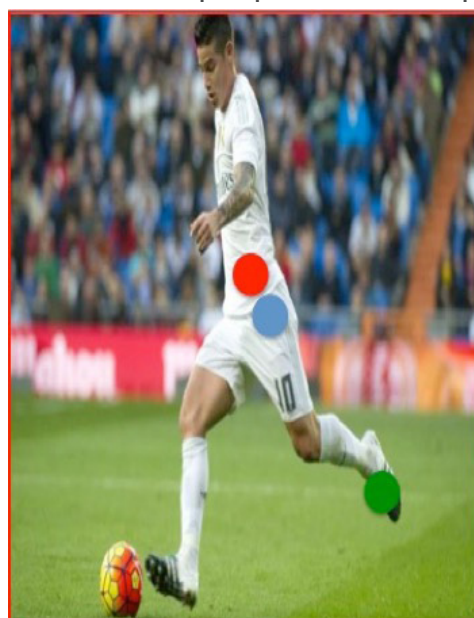
los GAGs tienen cargas negativas en sus grupos amino, y no pueden pasar la membrana celular, por lo que terminan atrayendo partículas de sodio y de potasio, que a su vez son atraídas con partículas de agua que entran al tejido, y repele cargas negativas de cloro, que a su vez arrastran partículas de agua al exterior. Es en este momento en donde el cartílago expulsa agua, amortiguando así la carga compresiva y cizallante existente en los tobillos.

Análisis de palancas en un gesto deportivo de movimiento

Dentro de los criterios que conforman el análisis cualitativo, está el análisis por palancas. Para realizar este tipo de análisis, es necesario tener en cuenta la definición de palanca, los tipos de palanca y las partes de una palanca. Se sabe que existen de esta forma, tres tipos de palanca, (de primer grado, de segundo grado y de tercer grado), con la ubicación de sus componentes en diferente orden (apoyo o fulcro – A, potencia – P, y resistencia – R).

En la figura que se muestra a continuación (ver figura 63) se muestra un ejemplo de lo que podría ser un análisis por palancas en el pateo en el fútbol.

Figura 63. Análisis por palancas en el pateo en el fútbol soccer



P= Potencia de la palanca – músculo psoas iliaco porción iliaca (origen: fosa iliaca, inserción: trocánter mayor del fémur.

A= Apoyo o Fulcro. Articulación coxofemoral. El músculo que sirve como potencia (psoas iliaco, actúa sobre la articulación coxofemoral.

R= Resistencia. El peso del pie y del balón, que es lo que se desea mover, en este caso con la mayor potencia posible.

LA PALANCA DESARROLLADA EN ESTA FASE DEL PATEO (IMPULSO) ES UNA PALANCA DE PRIMER GRADO, DADO QUE EL APOYO (A) SE ENCUENTRA ENTRE LA POTENCIA (P) Y LA RESISTENCIA (R).

Fuente: elaboración propia.

Referencias

- Ackland, T. (2008). *Applied Anatomy and Biomechanics in sports* (2nd edition). EUA: Human Kinetics.
- Aguado, J.X. (1993). *Eficacia y técnica deportiva. Análisis del movimiento humano*. Madrid: Editorial Inde.
- Aguilar, M. (2000). *Biomecánica: la física y la fisiología*. Madrid: Editorial Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Baumler, G., Schneider, K. (1989). *Biomecánica deportiva*. Barcelona: Editorial Martínez Roca.
- Belloch, S. y Pérez, P. (2016). *Biomecánica básica aplicada a la actividad física y el deporte*. Buenos Aires: Editorial Paidotribo.
- Bisquerra, R. (2004). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: Editorial La Muralla.
- Blazevich, A. (2013). *Sports biomechanics: the basic—optimising human performance*. London: Bloomsbury.
- Campos, A. (2013). *Ajuste curricular. Programa de Cultura Física, Deporte y Recreación*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Cromer, A.H. (2007). *Física para las ciencias de la vida*. Barcelona: Editorial Reverte S.A.
- Documento institucional. (2008). *Proyecto Educativo del Programa de Cultura Física, Deporte y Recreación—PEP*. Bogotá: Universidad Santo Tomás
- Documento institucional. (2008). *Proyecto Educativo Institucional—PEI*. Bogotá: Universidad Santo Tomás
- Ferro, A (2012). *La carrera de velocidad: metodología de análisis biomecánico*. Madrid: Editorial y librería deportiva Esteban Sanz.
- Giancoli, D. (2008). *Física*. Madrid: Editorial Prentice Hall.
- Gutiérrez, G (2005). *Principios de anatomía, fisiología e higiene: educación para la salud*. USA: Editorial Limusa.
- Gutiérrez—Dávila, M. (2015). *Fundamentos de biomecánica deportiva*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Halton, G. (1993). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Editorial Reverte.
- Hamill, J. (2017). *Biomecánica, bases del movimiento humano*. EUA: Editorial Lippincott William and Wilkins.
- Hewitt, P. (2004). *Física conceptual*. México: Pearson.

- Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- López, S. (2014). *Historia de la biomecánica*. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Lowe, J. y Stevens, A. (2015). *Histología humana*. Barcelona: Editorial Mosby – Elsevier.
- McDonald, S. (2005). *Física para las ciencias de la vida y de la salud*. Editorial Addison – Wesley Iberoamericana. Madrid, España.
- Miralles, R. (2007). *Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor*. Barcelona: Editorial Masson.
- Moore, K. (2007). *Anatomía con orientación clínica*. Barcelona: Editorial médica panamericana.
- Muñoz, D. (2007). *Conceptos de biomecánica, con aplicaciones para ciencias de la salud y el deporte*. Buenos Aires: Editorial impresiones.
- Muybridge, E. (1887). *Human and animal locomotion*. Philadelphia: Taschen.
- Namakforoosh, M. (2005). *Metodología de la investigación* (2ª edición). México: Editorial Limusa, Noriega editores.
- Nigg, B. (1994). *Biomechanics of the musculo-skeletal system*. EUA: Editorial Wiley.
- Nordin, M. (2005). *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético*. Madrid: Editorial McGraw-Hill.
- Palmer, A.R. (1994). *Development*.
- Ruiz, J. (2011). *Análisis del movimiento en el deporte*. Palmas Gran Canaria: Editorial Wanceulen Médica.
- Saunders (2004). *Scientific bases of human movement*. Philadelphia: Editorial Lippincott and Wilkins.
- Serway, R. (2010). *Física*. Bogotá: Editorial McGraw-Hill.
- Suárez, G.R. (2009). *Biomecánica deportiva y control del entrenamiento*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia y Funámbulos editores.
- Viel, E. (2002). *La marcha humana, la carrera y el salto: biomecánica, exploraciones, normas y alteraciones*. Barcelona: Editorial Masson.
- Viladot, A., (2001). *Lecciones de biomecánica del aparato locomotor*. Madrid: Editorial Springer.
- Welsh, U. (2008). *Sobotta atlas de histología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

LIBRO DE TRABAJO

BIOMECÁNICA

Contenido

Introducción	221
Sección I. Principios básicos aplicados a la biomecánica del movimiento corporal humano	223
Guía 1. Planos y ejes corporales	225
Guía 2. Unidades de medida, factores de conversión y tabla de múltiplos y submúltiplos de la unidad	227
Guía 3. Concepto de fuerza y magnitudes físicas vectoriales y escalares	229
Guía 4. Aplicación de los diversos métodos de sumatoria de vectores (método gráfico y métodos matemáticos) a situaciones concretas	231
Guía 5. Cinemática: movimientos desde la física – movimiento rectilíneo, movimiento rectilíneo uniformemente variado, movimiento semiparabólico/parabólico	233
Guía 6. Leyes de Newton y diagramas de cuerpo libre	237
Guía 7. Determinación del centro de gravedad a través del método clúster o segmentario	239
Guía 8. Palanca y máquinas motrices	243
Sección II. Biomecánica de tejidos conectivos (biomecánica tisular)	245

Guía 9: Laboratorio de biomecánica de tejidos. Disección de modelo animal de articulación sinovial (articulación de rodilla)	247
Guía 10. Biomecánica de tejidos conectivos. Propiedades físicas de los tejidos conectivos y composición macro y microestructural de los tejidos conectivos	251
Guía 11. Biomecánica de tejidos conectivos. Tipos de carga aplicados a los tejidos conectivos	253
Sección III. Análisis de gestos deportivos	255
Guía 12. Análisis de gesto deportivo I	257
Guía 13. Análisis de gestos de movimiento. Cadenas cinéticas II	261
Referencias	263

Introducción

“Biomecánica: desde la física mecánica al análisis de gestos deportivos”, es una obra que se puede considerar como un texto guía básico, donde se presentan los elementos que un estudiante del programa de Cultura Física, Deporte y Recreación debe manejar y aplicar en la construcción de procesos de análisis de gestos de movimiento (concretamente, gestos o praxias deportivas).

Este libro de trabajo, que es a su vez el complemento del libro texto guía del mismo nombre, tiene como objetivo fundamental constituirse como herramienta de trabajo autónomo de los estudiantes que están desarrollando las temáticas de la asignatura de biomecánica (es decir, estudiantes del Programa de Cultura Física, Deporte y Recreación que se encuentren cursando la asignatura de Biomecánica), o estudiantes de otras profesiones afines o pertenecientes al área de conocimiento del estudio del movimiento corporal humano, que deseen poner en práctica (autónoma) los conocimientos acerca de la Biomecánica.

El desarrollo de las guías que se exponen en este libro de trabajo corresponden a las temáticas desarrolladas en el libro texto guía de base, y se generan como la posibilidad pedagógica para que el estudiante aplique los conocimientos que adquirió en un espacio concreto de trabajo. Las guías o talleres que se encontrarán en este libro de trabajo estarán divididas por secciones y capítulos, tal como se encuentra organizado el libro texto guía. La gran mayoría de guías o talleres deberán ser resueltos con materiales que se encuentran fuera del espacio que ofrece este libro. Se espera que sea aprovechado en su totalidad y que incentive en los estudiantes el desarrollo de las estrategias autónomas de aprendizaje.

SECCIÓN I

Principios básicos aplicados a la biomecánica del movimiento corporal humano



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 1

Planos y ejes corporales

Objetivo de la guía

- Que el estudiante aplique el conocimiento adquirido sobre sistemas de referencia para el movimiento corporal humano, y así pueda resolver las preguntas y actividades planteadas en la presente guía.

Actividades a realizar: construcción de modelo artificial de movimiento

Materiales

Para el desarrollo de la actividad, se requieren los siguientes materiales:

- Plastilina de colores.
- Palitos de pincho.
- Palillos.
- Láminas de radiografía que ya no se usen.
- Láminas de cartulina o de cartón paja.

Procedimiento

1. Construir un modelo humano con cubos de plastilina (cabeza, tronco y extremidades).
2. Recortar las láminas de radiografía (o en su defecto recortar las láminas de cartulina o de cartón paja) en cuadrados que tengan el mismo tamaño del modelo humano hecho en plastilina. Estas láminas harán las veces de planos corporales. Se deben construir tres láminas: sagital, coronal y transversal.
3. Con los palos de pincho, construir tres ejes: latero–lateral, antero–anterior y longitudinal.

Actividades (pos realización del modelo)

1. De acuerdo con la información obtenida a partir del modelo humano, los estudiantes organizados por grupos deben diligenciar la siguiente tabla:

Plano	Movimientos
Sagital	
Coronal (Frontal)	
Transverso	
Eje	Movimientos
Latero-lateral	
Antero–posterior	
Longitudinal	

2. De acuerdo con lo anterior y la información registrada por cada grupo, buscar en el texto guía, en otros textos consultados, o en diagramas o dibujos, los planos y los ejes corporales. Comentar qué movimientos se asocian con cada eje y con cada plano, y señalar algunos ejemplos (en movimientos de la vida cotidiana como caminar o correr, o en la realización de movimientos deportivos, como lanzar o patear una pelota, patinar, saltar, etc.).



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 2

Unidades de medida, factores de conversión y tabla de múltiplos y submúltiplos de la unidad

Objetivos de la guía

- Que el estudiante reconozca las principales unidades de medida: básica, derivadas o compuestas, con las correspondientes magnitudes físicas a las que pertenezca dicha unidad de medida.
- Que el estudiante aplique los diferentes factores de conversión en ejercicios simples.
- Que el estudiante conozca los múltiplos y submúltiplos de la unidad y los aplique en el contexto de la conversión de unidades de medida dentro de una misma magnitud física.

Actividades a realizar

1. En grupos de no más de 5 personas, resolver los siguientes ejercicios:
 - a. Expresar las siguientes cantidades usando los prefijos de la tabla de múltiplos y submúltiplos de la unidad:

- 10^6 volts.
 - 10^{-6} metros.
 - 4×10^7 días.
 - 2×10^3 dólares.
 - 2×10^{-9} piezas.
- b. Determinar la estatura de cada uno de los integrantes del grupo en metros, en centímetros y en milímetros.
 - c. Determinar el factor de conversión entre kilómetro y millas, y entre km/h y mi/h.
 - d. Si la luna se encuentra a 24.000 millas de la tierra, ¿a cuántos metros equivale esta distancia? Se debe expresar utilizando: a) potencias de 10, b) prefijo métrico en la tabla de múltiplos y submúltiplos.
 - e. ¿Cuál es la distancia que puede recorrer un ciclista en 4 horas si su velocidad promedio es de 11,5 km/h?
2. Realizar una tabla que tenga en cuenta los siguientes elementos:
 - a. Unidades de medida básicas.
 - b. Unidades de medida derivadas.
 - c. Símbolos de las unidades de medida y su correspondiente abreviatura.
 3. Encontrar ejemplos de eventos que en la vida cotidiana se puedan medir y ser expresados con las unidades de medida que han revisado para la realización de esta guía. A partir de estos, realizar una tabla en donde se recopilen todos los ejemplos que se comentaron.



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 3

Concepto de fuerza y magnitudes físicas vectoriales y escalares

Objetivos de la guía

- Que el estudiante adquiera y aplique en el análisis de movimiento el concepto sobre fuerza (*fuerza motriz*).
- Que el estudiante sea capaz de definir el concepto de *magnitud física* y pueda reconocer sus diferentes clasificaciones (magnitudes físicas, vectoriales y escalares).

Actividad a realizar

A partir de la lectura del tema *Concepto de fuerza y magnitudes físicas vectoriales y escalares* del libro texto guía *Biomecánica: desde la física mecánica al análisis de gestos deportivos*, y complementando la lectura del tema con otros textos sugeridos en el programa del curso de Biomecánica, responder y resolver los siguientes puntos:

1. ¿Cómo se define *fuerza*?
2. ¿Existen varios tipos de fuerza? Si la pregunta es afirmativa, nombre los diferentes tipos de fuerza que se hayan encontrado.
3. ¿Qué se entiende por *fuerza motriz*?
4. Nombrar algunas situaciones de movimiento en donde se aplique y se explique el concepto de *fuerza/fuerza motriz*.
5. ¿Qué se entiende por *magnitud física*?
6. Describir la clasificación de las magnitudes físicas (de acuerdo a, si son simples, compuestas o de otro tipo).
7. ¿Qué se entiende por *magnitud física escalar*?
8. Nombrar algunos ejemplos de magnitudes físicas escalares que se encuentren en la vida cotidiana, o relacionados con el desarrollo de algún gesto deportivo. Argumentar muy bien la respuesta.
9. ¿Qué se entiende por *magnitud física vectorial*?
10. Nombrar algunos ejemplos de magnitudes físicas vectoriales que se encuentren en la vida cotidiana, o relacionados con el desarrollo de algún gesto deportivo. Argumentar muy bien la respuesta.



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 4

Aplicación de los diversos métodos de sumatoria de vectores (método gráfico y métodos matemáticos) a situaciones concretas

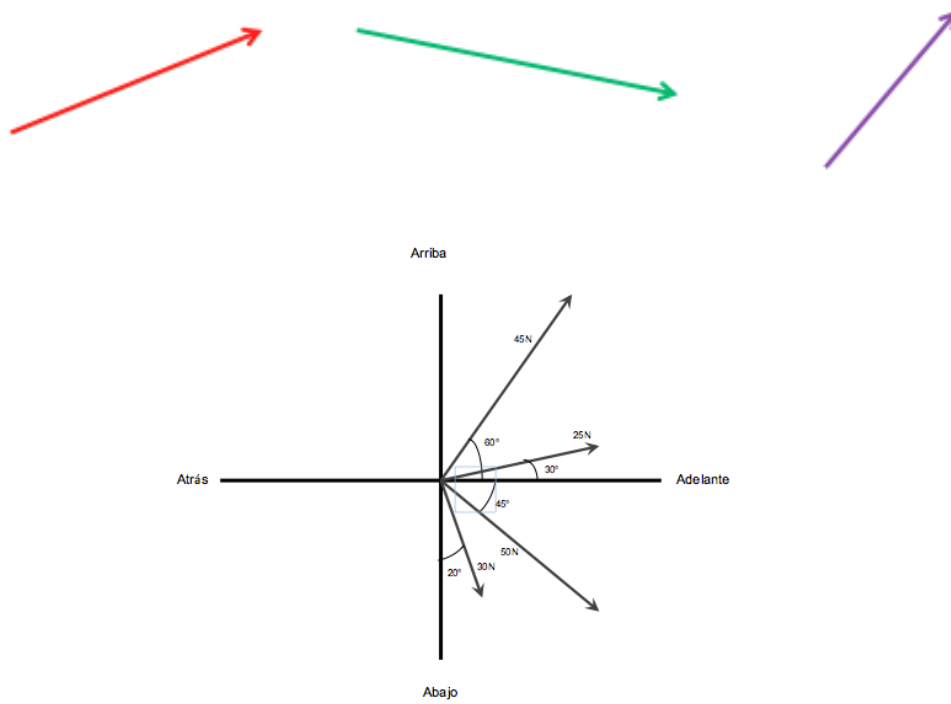
Objetivos de esta guía

- Que el estudiante reconozca los criterios básicos que hacen parte del método gráfico (o del paralelogramo) de sumatoria de vectores.
- Que el estudiante reconozca los criterios básicos que hacen parte de los métodos matemáticos de sumatoria de vectores (método aritmético, método de componentes y método de Pitágoras).
- Que el estudiante esté en capacidad de aplicar los criterios básicos de cada uno de los métodos de sumatoria de vectores (método gráfico y métodos matemáticos) en la resolución de ejercicios concretos relacionados con estos temas.

Actividades a realizar

1. En grupos no mayores de 5 estudiantes, resolver el ejercicio de sumatoria de vectores de la figura 1 ubicado en un plano sagital, teniendo en cuenta que para ello se debe hacer uso de los tres métodos matemáticos para la sumatoria de vectores en el siguiente orden: a) método de componentes, b) método aritmético, c) método de Pitágoras.
2. En los mismos grupos conformados, resolver los siguientes ejercicios:
 - a. Un explorador camina 22 km hacia el sur, y posteriormente camina 47 km hacia el noreste con un ángulo de inclinación de 45° , ¿cuál es el desplazamiento resultante desde el origen?
 - b. Un avión cuya velocidad en el aire es de 200 km/h se dirige hacia el norte, pero de pronto un viento del noreste comienza a soplar a 100 km/h, ¿cuál es la velocidad resultante del avión con respecto al suelo?
3. A partir del uso del método de sumatoria gráfica de vectores (método de Pitágoras), sumar los siguientes vectores:

Figura 1. Para la realización del punto 1



Fuente: elaboración propia.



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 5

Cinemática: movimientos desde la física – movimiento rectilíneo, movimiento rectilíneo uniformemente variado, movimiento semiparabólico/ parabólico

Objetivos de la guía

- Que el estudiante entienda el movimiento, teniendo en cuenta las posibles formas en las que se puede generar (en forma lineal o en forma rotacional), a partir de las herramientas que le brinda la cinemática, rama de la física que estudia el movimiento de un cuerpo en el espacio, sin tener en cuenta las causas que lo producen.
- Que el estudiante reconozca y apropie las características de cada uno de los movimientos, que desde la cinemática explican el movimiento de un cuerpo en el espacio.

Actividades a realizar

1. En grupos de máximo 4 personas, y a partir de las lecturas realizadas sobre la temática *Movimientos desde la física* descrita en el texto guía *Biomecánica: de la física mecánica al análisis de tejidos conectivos*, y lecturas complementarias, responder las siguientes preguntas:
 - a. ¿Qué se entiende por velocidad?
 - b. ¿Qué se entiende por aceleración?
 - c. ¿Qué se entiende por cinemática?
 - d. ¿Qué se entiende por cinética?
 - e. ¿Qué se entiende por dinámica?
 - f. ¿Cuáles son las características que hacen parte y que determinan el movimiento rectilíneo?
 - g. Describir cada una de las fórmulas que presentan las características del movimiento rectilíneo uniforme.
 - h. ¿Cuáles son las características que hacen parte y determinan el movimiento rectilíneo uniformemente variado?
 - i. Describir cada una de las fórmulas que presentan las características del movimiento rectilíneo uniformemente variado.
 - j. ¿Cuáles son las características que hacen parte y determinan el movimiento semiparabólico?
 - k. Describir cada una de las fórmulas que presentan las características del movimiento semiparabólico.
 - l. ¿Cuáles son las características que hacen parte y determinan el movimiento parabólico?
 - m. Describir cada una de las fórmulas que presentan las características del movimiento parabólico.
2. Resolver los siguientes problemas:
 - a. ¿Cuál es la distancia que puede recorrer un ciclista en 4 horas si su velocidad promedio es de 11,5 km/h?
 - b. Una partícula se mueve a través del eje x, su posición en función del tiempo está dada por la ecuación $x = At^2 + B$ en donde $A = 2,10 \text{ m/s}^2$ y $B = 2,80 \text{ m}$. Determinar; a) el desplazamiento de la partícula durante el intervalo de tiempo desde $t_1 = 3 \text{ s}$ hasta $t_2 = 5 \text{ s}$, b) la velocidad promedio durante este intervalo de tiempo, y c) la magnitud de la velocidad instantánea en $t = 5 \text{ s}$.

- c. Supóngase que una partícula se mueve en línea recta de modo que su posición está dada por la ecuación $x = (2,10 \text{ m/s}^2)t^2 + (2,80 \text{ m})$. Calcular: a) la aceleración promedio durante el intervalo de tiempo desde $t_1 = 3 \text{ s}$ hasta $t_2 = 5 \text{ s}$, y b) su aceleración instantánea como función del tiempo.
- d. Se suelta una pelota desde una torre de 70 m de altura. ¿Qué distancia habrá recorrido después de 1, 2 y 3 segundos? Considérese y positiva hacia abajo para este problema.
- e. Una persona arroja una pelota hacia arriba con una velocidad inicial de 15 m/s. Calcular: a) ¿cuánto subirá?, y b) ¿cuánto tiempo estará en el aire antes de regresar a su mano?
- f. Un objeto parte desde el reposo ($v_1 = 0$) en $t_1 = 0$ y se acelera a una razón dada por $a(t) = (7 \text{ m/s}^2)t$. ¿Cuál es a) su velocidad, y b) su desplazamiento 2 segundos después?
- g. Se lanza una piedra horizontalmente desde una cumbre de 115 m de altura y cae al suelo a una distancia de 92,5 m de la base de la cumbre. ¿Con qué velocidad se lanzó?
- h. Se patear un balón de fútbol formando un ángulo de 37° con una velocidad de 20 m/s. Calcular: a) la altura máxima, b) el tiempo que tarda antes de golpear al suelo, y c) la distancia a la que cae al suelo.



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 6

Leyes de Newton y diagramas de cuerpo libre

Objetivos de la guía

- Que el estudiante reconozca las características básicas de la dinámica Newtoniana, con base en la adquisición de los preceptos de cada una de las leyes de Newton.
- Que a partir del entendimiento de las leyes de Newton, pueda hacer una representación gráfica de las fuerzas que intervienen en el desarrollo de un gesto de movimiento, a partir de la realización de un diagrama de cuerpo libre.

Actividades a realizar

1. ¿Cómo se constituye un diagrama de cuerpo libre y qué objetivo tiene?
2. Enunciar cada una de las leyes de Newton y por cada ley enunciada describir un ejemplo de movimiento corporal en donde se relacione el enunciado de cada ley.
3. Escoger una foto (de revistas o de Internet) de un gesto deportivo (que sea de cuerpo completo y que se encuentre en plano sagital o coronal) y en ella dibujar un diagrama de cuerpo libre, ubicando:
 - a. Vector de fuerza de acción.
 - b. Vector de fuerza de reacción.

- c. Vector de fuerza de gravedad.
- d. Vector de fuerza normal.



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 7

Determinación del centro de gravedad a través del método clúster o segmentario

Objetivos de la guía

- Que el estudiante pueda hacer el cálculo y ubicación precisa del centro de gravedad en una fotografía de un gesto deportivo, mediante la aplicación del método para el cálculo del centro de gravedad.
- Que el estudiante entienda los conceptos de centro de gravedad y de centro de masa en un cuerpo en equilibrio y en movimiento.

Actividades a realizar: cálculo del centro de gravedad a través del método segmentario

Materiales

Para el desarrollo de la actividad, se requieren los siguientes materiales:

- Papel milimetrado y lápiz.
- Fotografía de la figura a analizar.
- Lápiz y colores.
- Tablas de valores constantes – método clúster o segmentario.
- Regla o escuadra.

Procedimiento

1. En cada grupo, escoger a uno de los compañeros, quien servirá de modelo para tomar la fotografía del gesto de movimiento en el cual calcularán el centro de gravedad. La fotografía que se debe tomar es de cuerpo completo en cualquiera de los dos planos sugeridos (sagital – “de medio lado”, o coronal – “de frente o de espaldas”).
2. Ubicar la foto obtenida sobre un papel cuadriculado o milimetrado.
3. Hacia el lado izquierdo de la foto, trazar el sistema de referencia a utilizar (ejes Y y X) con escala de medición para cada uno (que puede ser de 5 en 5, o como prefieran).
4. Sobre la figura, con un color que se pueda distinguir, marcar los centros de gravedad segmentarios, de acuerdo al mapa que ofrece para tal fin el método segmentario (o método clúster).
5. Determinar la ubicación de cada uno de los centros de gravedad segmentarios (CGS) tanto en el eje X como en el eje Y, y a su vez, multiplicar el valor obtenido de esta ubicación por el valor que se registra para el porcentaje de peso relativo de cada segmento).
6. Sumar todos los resultados obtenidos en X y en Y.

7. Ubicar sobre la fotografía analizada, el valor del cruce entre el punto sumatoria de Y y el de sumatoria del eje X. Este corresponderá con el centro de gravedad.

Actividad 2: centro de masa

En grupos, responder las siguientes preguntas:

1. ¿A qué hace referencia el término de centro de masa? (La respuesta debe ser referenciada).
2. Nombrar la fórmula o fórmulas que se utilizan para el cálculo del centro de masa. (Explicar cada componente de la fórmula).
3. En la figura en la que calculó el centro de gravedad, calcular y ubicar el centro de masa.



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 8

Palancas y máquinas motrices

Objetivos de la guía

- Que el estudiante adquiera conocimientos acerca del tema de palancas: concepto, clases o tipos de palancas, y aplicaciones al movimiento corporal.
- Que el estudiante pueda aplicar el concepto de palanca a situaciones concretas de movimiento.

Actividades a realizar

A partir de la lectura del tema: *Palancas en el cuerpo humano* del libro texto guía: *Biomecánica: de la física mecánica al análisis de gestos deportivos*, responder las siguientes preguntas:

1. ¿Qué se define como máquina motriz?
2. ¿Qué se define o se entiende por palanca?
3. ¿Cuáles son las partes de una palanca? Hacer un gráfico de la situación e identificar las partes.
4. En las siguientes situaciones de movimiento que se plantean, identificar los tipos de palanca existentes y clasificarlas según su clase (primera clase, segunda clase y tercera clase). Argumentar la clasificación dada:

- a. Un niño pateando un balón de fútbol. (Explicar palancas generadas en miembros inferiores).
- b. Un joven haciendo una cesta en basquetbol. (Explicar palancas generadas en miembros superiores).
- c. Una señora que se agacha a recoger algo del piso. (Explicar palancas generadas en tronco).

SECCIÓN II

BIOMECÁNICA DE TEJIDOS (BIOMECÁNICA TISULAR)



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 9

Laboratorio de biomecánica de tejidos. Disección de modelo animal de articulación sinovial (articulación de rodilla)

Objetivos de la guía

Que el estudiante reconozca en el modelo animal de la articulación sinovial, los principales tejidos conectivos implicados en la locomoción: hueso, ligamento, tendón, músculo esquelético y cartílago articular.

Que el estudiante describa las características macroscópicas de cada uno de los tejidos conectivos, anteriormente nombrados.

Actividades a realizar

Materiales

Para el desarrollo de la actividad, se requieren los siguientes materiales:

- Bata de laboratorio.
- Guantes de manejo.
- Tapabocas (opcional).
- Equipo de disección o bisturí.
- Rodilla de cerdo, res o gallina.
- Hojas de examen y esfero.
- Colores.

Metodología

1. Ubicar las estructuras biológicas sobre la mesa de trabajo.
2. Simultáneamente observar cuidadosamente y con detenimiento cada una de las partes que componen cada segmento (macro anatomía). Realizar el dibujo correspondiente con lo que se ha observado.
3. Dividir el trabajo en el grupo y realizar cuidadosamente el corte del tejido de los tres segmentos, separando inicialmente la piel (corte longitudinal), el tejido graso y el tejido conectivo circundante (fascias y aponeurosis), cuidando de no dañar la cápsula articular, ligamento o tendón. Identificar de externo hacia interno cada uno de los tejidos biológicos encontrados.
4. Describir cada uno de los tejidos observados teniendo en cuenta las características de color, forma, textura, lugar de inserción, nivel de vascularidad y funciones.
5. De manera minuciosa, continuar con la disección hasta dejar más evidentes cada uno de los tejidos, sin alterar la estabilidad articular y describir cada uno de los tejidos encontrados con mayor detalle.
6. Observar las características del líquido de la rodilla observada.
7. Aplicar carga a la estructura, incluyendo la piel, y explicar las respuestas que se han observado de cada tejido.
8. Sacar las conclusiones desde lo personal y lo aprendido en la asignatura.

9. Elaborar un cuadro sinóptico en el cual represente la clasificación articular de acuerdo con las categorías, estructura y función. Determinar las características de cada tejido, el componente biológico y los movimientos de la articulación por planos y ejes.



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 10

Biomecánica de tejidos conectivos. Propiedades físicas de los tejidos conectivos y composición macro y microestructural de los tejidos conectivos

Objetivos de la guía

- Que el estudiante aprenda cómo están conformados los tejidos conectivos (macro y microscópicamente).
- Que el estudiante aprenda cada una de las propiedades físicas de los tejidos conectivos.
- Que el estudiante entienda el comportamiento de cada tejido desde su conformación macro y microestructural.

Actividades a realizar

- En grupos no mayores a 4 personas, responder las siguientes preguntas:
 - ¿A qué hace referencia el término de elastancia?
 - ¿A qué hace referencia el término de plasticidad?
 - ¿A qué hace referencia el término de anisotropía?
 - ¿A qué hace referencia el término viscoelasticidad?
 - ¿Qué entiende cuando lee o le dicen que un material es bifásico?
 - ¿Qué entiende por el término de porosidad?
 - ¿Qué entiende por rigidez absoluta y por rigidez relativa?
- En los mismos grupos ya conformados, realizar cuatro cuadros sinópticos en los que se explique la conformación microestructural (células y matriz extracelular) de los siguientes tejidos conectivos: a) óseo, b) ligamentario y tendinoso, c) cartilaginoso, d) muscular.
- Relacionar los enunciados o conceptos descritos en la columna A con los descritos en la columna B.

Columna A	Columna B
A. Elastancia/Elasticidad	_____ Propiedad física que depende de la orientación de los elementos que componen la matriz extracelular de los tejidos conectivos.
B. Plasticidad	_____ Propiedad física que tienen todos los tejidos conectivos.
C. Viscoelasticidad	_____ Propiedad física del hueso que depende del colágeno tipo I que tiene en su matriz extracelular.
D. Rigidez absoluta	_____ Propiedad física de los tejidos conectivos que depende de los proteoglicanos.
E. Rigidez relativa	_____ Propiedad física que depende de la elastina.
F. Bifasicidad	_____ Propiedad física dada por los cristales de hidroxapatita del tejido óseo
G. Anisotropía	_____ Propiedad física que es dada por la presencia del colágeno en la matriz extracelular de los tejidos



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 11

Biomecánica de tejidos conectivos. Tipos de carga aplicados a los tejidos conectivos

Objetivos de esta guía

- Que el estudiante comprenda qué tipos de carga pueden ser soportados en los tejidos conectivos y cómo estos se comportan ante las diferentes cargas, de acuerdo no solo a su conformación estructural sino a la geometría del tejido.

Actividades a realizar

1. Consultar y definir los siguientes conceptos:
 - a. Carga tensil.
 - b. Carga compresiva.
 - c. Carga cizallante.
 - d. Carga angular.
 - e. Carga en torsión.

2. Describir por medio de un cuadro (o de un mapa conceptual o de un cuadro sinóptico) cómo se comporta cada uno de los tejidos antes mencionados (óseo, muscular, ligamentario, tendinoso y cartilaginoso) ante los tipos de carga antes definidos.

SECCIÓN III

ANÁLISIS DE GESTOS DEPORTIVOS



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 12

Análisis de gesto deportivo I

Objetivo de la guía

- Que el estudiante aplique los conocimientos que sobre planos, ejes, rangos de movilidad articular, vectores, y centro de gravedad tenga, en el análisis de gestos deportivos.

Actividades a realizar

Materiales

Para el desarrollo de la actividad, se requieren los siguientes materiales:

- Fotografía de cuerpo completo en plano sagital o coronal del gesto deportivo que se quiere analizar.
- Hojas milimetradas (tamaño carta y oficio).
- Regla o escuadra.
- Transportador.
- Lápices de colores.
- Calculadora científica.
- Hojas cuadriculadas.

Puntos a realizar

Por grupos no mayores a 6 personas, tomar la fotografía del gesto deportivo que se quiere analizar, y realizar lo siguiente:

1. Ubicar la fotografía seleccionada sobre el papel milimetrado. A partir de su ubicación, trazar el plano que corresponda y determinar los puntos de referencia para el plano que se ha trazado (por ejemplo, si lo que se determinó fue un plano sagital, deben determinarse los puntos de referencia: arriba, abajo, adelante y atrás).
2. Una vez se ha situado la fotografía en el sistema de referencia y se han determinado los puntos de referencia, con ayuda del transportador medir los ángulos de movimiento articular registrados en las articulaciones observadas en la fotografía escogida para el análisis. La medición de los ángulos en cada articulación solo corresponderá con el plano que se haya determinado en el punto inmediatamente anterior, (por ejemplo, si el plano determinado para la fotografía es un plano sagital, los únicos movimientos que se registrarían a nivel articular, medidos con el transportador, serían los movimientos de flexo – extensión, en cada una de las articulaciones que se observen en dicha fotografía que sean capaces de realizar estos movimientos). Con estos datos registrados se debe realizar un tabla de informe que indique los grados de movilidad articular medidos, y a qué movimiento corresponde dicho rango de movilidad articular registrado.
3. Una vez se hayan medido los rangos de movilidad articular en cada articulación, utilizando el transportador, hacer una determinación de los vectores de acción muscular, al respecto de los rangos de movilidad articular. Para esta determinación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - a. Observar muy bien la fotografía a analizar y los movimientos realizados en cada articulación (por ejemplo, si se determina flexión de hombro de 90° a partir de esta determinación saber qué músculo se encarga de esta flexión de hombro).
 - b. Si este músculo es lo principal para el movimiento determinado o si es solo de ayuda (agonista o sinergista).
 - c. Si es de potencia o de fuerza resistencia. Generalmente los músculos de los miembros superiores e inferiores son de potencia y los de tronco de fuerza resistencia. Asimismo, el grado de angulación que tendrá

el vector sobre el plano será el del rango de movilidad articular. El valor de cada vector será asignado de la siguiente forma:

- Músculos de miembros superiores: entre 40 y 50 N.
 - Músculos de miembros inferiores: entre 60 y 80 N.
 - Músculos de tronco y cuello: 60 N.
- d. Origen e inserción del músculo analizado: y determinar si el músculo actúa de origen a inserción o de inserción a origen.
 4. Una vez se hayan determinado los vectores en este punto, se deben graficar uno por uno teniendo en cuenta estas características y utilizando un sistema de referencia de ubicación (plano sagital o coronal). De igual manera, se deben ubicar en un sistema de referencia general (el mismo que hayan escogido en un inicio para ubicar la fotografía a analizar), y luego sí sumarlos teniendo en cuenta el rango de movilidad articular (que corresponderá con el rango de movilidad articular dependiente del músculo a graficar), y el valor en fuerza (Newton) de cada músculo, basándose en los valores que se han nombrado anteriormente. En este punto se debe presentar el resultado matemático y gráfico de la sumatoria de todos los vectores de acción muscular.



Universidad Santo Tomás – Sede Bogotá, D.C.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Guía 13

Análisis de gestos de movimiento - cadenas cinéticas II

Objetivos de la guía

- Que el estudiante esté en capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos acerca de las leyes de Newton, diagramas de cuerpo libre, trabajo y energía, y biomecánica de tejidos en el análisis de gestos deportivos de movimiento.

Actividades a realizar

Puntos a realizar

1. Sobre la fotografía a analizar, calcular a través del método segmentario, el centro de gravedad. En esta misma fotografía se debe realizar el diagrama de cuerpo libre de la figura analizada, ubicando las fuerzas

que estarían actuando sobre ella en el desarrollo del gesto deportivo analizado.

2. A partir del análisis realizado desde el diagrama de cuerpo libre, realizar un escrito de no más de una página en donde se relacione cada una de las leyes de Newton con el gesto deportivo analizado.
3. A partir de la fotografía escogida para el análisis, realizar un escrito que muestre la relación entre el gesto deportivo analizado y los conceptos de trabajo y energía (no mayor a una página).
4. A partir de la fotografía escogida para el análisis, realizar un escrito en donde se relacionen las características de un tejido conectivo (de los vistos en clase) para relacionarlo con el gesto deportivo escogido.

Referencias

- Ackland, T., et al (2008). *Applied anatomy and biomechanics in sports* (2nd edition). EUA: Human Kinetics.
- Aguilar, M. (2004). *Biomecánica: la física y la fisiología*. Madrid: Editorial Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Aguado, X. (1993). *Eficiencia y técnica deportiva. Análisis del movimiento humano*. Madrid: Editorial Inde.
- Baumler, G., Schneider, K. (1989). *Biomecánica deportiva*. Barcelona: Editorial Martínez Roca.
- Belloch et al (2016). *Biomecánica básica aplicada a la actividad física y el deporte*. Buenos Aires: Editorial paidotribo.
- Bisquerra, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: Editorial La Muralla.
- Bruel, A., et al (2015). *Gennaser Histología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Campos, A. (2013). *Ajuste curricular. Programa de Cultura Física, Deporte y Recreación*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Cromer, H. (2004). *Física para las ciencias de la vida*. Barcelona: Editorial Reverte S.A.
- Documento institucional. (2008). *Proyecto Educativo Institucional–PEI*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Documento institucional. (2008). *Proyecto Educativo del Programa de Cultura Física, Deporte y Recreación–PEP*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Dofour, M., Pillu, M. (2006). *Biomecánica funcional: bases anatómicas*. Madrid: Editorial Elsevier–Masson.
- Donskoi, D. (1988). *Biomecánica de los ejercicios físicos*. La Habana: Editorial pueblo y educación.
- Franklin, K., et al. (2010). *Introduction to biological physics for the health and life sciences*. London: Wiley.
- Ferro – Sánchez, A (2012). *La carrera de velocidad: metodología de análisis biomecánico*. Madrid: Editorial y librería deportiva Esteban Sanz.
- Fucci, S. Benigni, M. (1988). *Biomecánica del aparato locomotor aplicado al acondicionamiento muscular*. Barcelona: Editorial Doyma.
- Gartner, L., et al. (2011). *Histología básica*. Madrid: Editorial Elsevier España.
- Giancoli, D. (2002). *Física, tomo I*. Madrid: Editorial Prentice Hall–Interamericana.

- Gómez, M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas.
- Gowitzke, B., Milner, M. (2000). *El cuerpo y sus movimientos: bases científicas*. Barcelona: Editorial Paidotrobo.
- Gutiérrez-Dávila, M. (2015). *Fundamentos de biomecánica deportiva*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Gutiérrez, G (2005). *Principios de anatomía, fisiología e higiene: educación para la salud*. USA: Editorial Limusa.
- Hamill, J. (2017). *Biomecánica, bases del movimiento humano*. EUA: Editorial Lippincott William and Wilkins.
- Halton, G. (1993). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Izquierdo, M. (2005). *Las bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Kapandji, L.A., (2005). *Cuaderno de fisiología articular*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Larson, R., Hostetler, R. (2009). *Cálculo y geometría analítica*. EUA: Editorial McGraw-Hill.
- Litwin, J. (2008). *Evaluación y estadísticas aplicadas a la educación física y el deporte*. EUA: Editorial Stadium.
- López-Román, A. (2003). *Biofísica aplicada a la biomecánica del cuerpo humano*. Madrid: Editorial Bellisco.
- López, S. (2004). *Historia de la biomecánica*. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Lowe et al (2015). *Histología humana*. Barcelona: Editorial Mosby-Elsevier.
- Luttgens, K.D., (2002). *Kinesiología, bases científicas del movimiento humano*. EUA: Editorial Lea & Febinger.
- Llanos, L. (1999). *Introducción a la biomecánica*. Medellín: Editorial Funanbulos.
- Marín, B et al (1997). *Introducción a la medicina y ciencias del deporte, III: La actividad Física y el deporte en la sociedad actual*. Oviedo: Editorial Universidad de Oviedo.
- Miralles, R. (2007). *Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor*. Barcelona: Editorial Masson.
- McDonald, S. (2000). *Física para las ciencias de la vida y de la salud*. Madrid: Editorial Addison-Wesley Iberoamericana.
- Mc Ginnins. (2013). *Biomechanics of sports and exercise* (3th edition). New York: Human Kinetics.

- Meinel, K. (1977). *Didáctica del movimiento*. México: Editorial Manual Moderno.
- Miralles, R., et al. (2000). *Biomecánica clínica del aparato locomotor*. Barcelona: Editorial Masson.
- Moore, K. (2007). *Anatomía con orientación clínica*. Barcelona: Editorial médica Panamericana.
- Muñoz–Andisco, D. (2007). *Conceptos de biomecánica, con aplicaciones para ciencias de la salud y el deporte*. Buenos Aires: Editorial impresiones.
- Muybridge, E. (1887). *Philadelphia: Human and animal locomotion*. Philadelphia: Editorial Lippincott and Wilkins.
- Namakforoosh, M. (2005). *Metodología de la investigación* (2ª edición). México: Editorial Limusa - Noriega editores.
- Nigg et al (1994). *Biomechanics of the musculo-skeletal system*. EUA: Editorial Wiley.
- Nordin, M. (2007). *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético*. Madrid: Editorial Mc Graw Hill.
- Pila, A. (1988). *Educación física deportiva*. Medellín: Editorial Didáctica.
- Ross et al (2007). *Histología: texto y atlas color con biología celular y molecular*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Ruiz–Caballero, J. et al (2011). *Análisis del movimiento en el deporte*. Palmas Gran Canaria: Editorial Wanceulen Médica.
- Saunders (2004). *Scientific bases of human movement*. Philadelphia: Editorial Lippincott and Wilkins.
- Serway, R. (2010). *Física*. Madrid: Editorial McGraw-Hill.
- Usaqui, L. (2011). *Apuntes de fisiología*. Madrid: Elsevier.
- Viel et al (2002). *La marcha humana, la carrera y el salto: Biomecánica, exploraciones, normas y alteraciones*. Barcelona: Editorial Masson.
- Viladot, A., et al. (2001). *Lecciones de biomecánica del aparato locomotor*. EUA: Editorial Springer.
- Watkins, J. (2007). *An introduction to biomechanics of sports and exercise*. EUA: Churchill livingstone elsevier.
- Welsh et al (2008). *Sobotta atlas de histología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.