

AAU

AMERICAN ANDRAGOGY
UNIVERSITY



**VALORACIÓN BIOMECÁNICA DEL
MOVIMIENTO HUMANO**

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO HUMANO Y INTERVENCIÓN DE LA BIOMECÁNICA

El interés en los actuales patrones del movimiento humano y animal, se remonta a los tiempos pre-históricos en dónde fueron dibujados en cavernas y levantados en estatuas, la representación de los sistemas de locomoción humana y animal. Tales réplicas fueron impresiones subjetivas de los artistas de ése entonces. Pero, no fue sino hasta hace un siglo, que este proceso subjetivo de interpretar el movimiento marcó una pauta mas objetiva e instrumental con la aparición de los primeros estudios utilizando cámaras de cine cuyo objetivo fue grabar los patrones de locomoción en animales y en humanos. El progreso en esta área de análisis del movimiento (Biomecánica) ha sido rápido durante este siglo XX y es así como ahora se puede grabar y analizar cualquier evento desde la marcha de un niño con parálisis cerebral hasta el desempeño de un atleta de alto rendimiento (Acero, 2002)

Baumler y Schneider (1989) atribuyen a Aristóteles de Stagira y a Platón ser los fundadores de la Biomecánica ya que ellos escribieron acerca de los segmentos corporales y movimientos y desplazamientos de los animales. Es bien curioso anotar que también existen referencias donde los primeros estudios biomecánicos datan desde Leonardo Da Vinci, Miguel Angelo Bounarrotti, Galileo, Lagrange, Bernoulli, Euler y Young. Todos ellos tuvieron un interés primario en la aplicación de la mecánica a los problemas biológicos. (Acero, 2002)

Rash (1959) y Contini & Drills (1966) revisaron la aplicación de la Biomecánica en muchas facetas del movimiento humano. Ellos indicaron que la época siguiente a la primera guerra mundial, la investigación en Ergonomía, floreció en Alemania, Rusia y USA y consecuentemente la investigación biomecánica se estimuló a través de la industria del transporte. Entonces en los comienzos del siglo XX nuevas tecnologías aparecieron disponibles para estudiar el cuerpo humano y sus movimientos primarios, fue así como los pioneros biomecánicos como Marey, Muybridge, Braune, y Fischer surgieron para explorar estas nuevas técnicas. De acuerdo con Winter (1990), Marey, un fisiólogo francés, en 1885 utilizó una pistola fotográfica para grabar los desplazamientos de la marcha humana y de esta manera con un equipo crono fotográfico obtener un diagrama monográfico de un corredor. En el mismo tiempo Muybridge (1887), en los estados unidos disparó 24 cámaras secuencialmente para grabar los patrones de un hombre caminando y corriendo

En 1950, La Biomecánica emergió como una área importante de investigación científica en diversas disciplinas del conocimiento basada en

estudios utilizando la entonces, naciente cinematografía de alta velocidad. Alley (1984) describió las bases académicas para la especialización y un programa doctoral. El propuso la designación de Antropomecánica para remplazar el término Kinesiología y entonces esto, generó el surgimiento de otros términos tales como: Antropocinética, Biodinámica, Biocinética, Cineantropología y kinesiología mecánica y finalmente el término BIOMECÁNICA. Con la acogida en las universidades en USA, Inglaterra, Alemania, Japón, Canadá, Australia y Antigua Rusia, se han venido estableciendo desde 1960 programas de Postgrado que han hecho de esta especialidad un campo del conocimiento muy bien definido y variado por su multiforme aplicabilidad en otras áreas.

Estado actual

Hoy por hoy, hay más de 450 universidades e Institutos alrededor del mundo que están promoviendo y desarrollando el uso del análisis y proyección del movimiento humano en los niveles científico y académico. La distribución de áreas que desarrollan esta ciencia interdisciplinaria en programas de postgrado está dada así: Carreras de Deporte y Educación Física, Entrenamiento Deportivo, Fitness & Wellness, Ingeniería Mecánica e Industrial, Ingeniería Espacial, Ciencias biomédicas, Ingeniería de Sistemas, Ciencias del Rendimiento Humano, Antropología, Centros de Investigación Médica, Biología, Zoología, y Ciencias Marinas entre otras. Los países que han desarrollado el área de la Biomecánica y que son categorizados como en la vanguardia académica y científica son : USA, Alemania, Algunas repúblicas de Rusia, Japón, China, Corea del Sur, Canadá, Dinamarca, África del Sur, Italia, Inglaterra, Francia, Nueva Zelandia, Finlandia, Australia, Israel, Brasil y España. Existen otros países donde se están haciendo avances académicos paulatinos como incluir el área en los currículums universitarios y preparar profesionales competentes en la investigación científica: Suecia, Suiza, Colombia, Venezuela, Chile, México, Argentina y Puerto Rico, entre otros. La expresión máxima de organización mundial con carácter institucional está localizada en la Sociedad Internacional de Biomecánica (ISB), fundada en 1973 en Penn State University, USA y que hoy cuenta con mas de 1000 científicos afiliados alrededor del mundo con una sede financiera en Australia y una sede virtual en USA. Esta Sociedad fue formada para promover el estudio de todas las áreas de la biomecánica a nivel internacional aunque existe un énfasis especial hacia la biomecánica del movimiento humano. ISB facilita los contactos internacionales entre científicos, promueve la extensión del conocimiento y ayuda a formar organizaciones nacionales e internacionales. Las actividades de esta sociedad están orientadas a la organización de congresos Internacionales Bienales, la publicación de sus respectivas memorias y la series biomecánicas de carácter monográfico, la distribución del quarterly Society newsletter, patrocinar congresos científicos y afiliarse a los profesionales relacionados con esta interdisciplina a journals de la

categoría de Journal of Biomechanics y Clinical Biomechanics. Esta Sociedad, también, apoya grupos de trabajo cuyo objetivo sea el avance en el conocimiento en áreas especializadas tales como Calzado funcional, Análisis del movimiento Tridimensional (3D), Biomecánica del hombro y simulación y modelado computacional.

HISTORIA DE LA BIOMECÁNICA Y APLICACIONES EN LOS EJERCICIOS FÍSICOS. INTRODUCCIÓN

La Biomecánica es un área interdisciplinaria que estudia los modelos, fenómenos y leyes que sean relevantes en el movimiento y al equilibrio de los seres vivos. Es una disciplina científica que tiene por objeto el estudio de las estructuras de carácter mecánico que existen en los seres vivos, fundamentalmente del cuerpo humano. Aunque su nacimiento como disciplina reconocida se da en la segunda mitad del siglo XX, tiene sus inicios en algunos científicos de la antigüedad, como los son Aristóteles y Da Vinci, quienes sentaron las bases para que los descubrimientos de la biomecánica moderna.

COMO NACE LA BIOMECÁNICA

En la edad antigua, los griegos sentaron las bases del conocimiento de las matemáticas, astronomía, mecánica, física y medicina. Personalidades como: Pitágoras, Hipócrates, Platón, Aristóteles, Arquímedes y Galeno; hicieron aportaciones como separar el conocimiento del mito, hubo desarrollo de paradigmas matemáticos y mecánicos, desarrollo de paradigmas anatómicos y los primeros análisis biomecánicos del cuerpo humano. Durante el renacimiento italiano, Da Vinci, Copérnico, y Vesalio, reavivaron el trabajo científico, sentaron las bases de la anatomía moderna y la fisiología, y estudiaron el movimiento y la acción muscular como entidades interconectadas. Durante la revolución científica, Galileo Galilei, Santorio Santorio, William Harvey, Descartes, Borelli y Newton, hicieron aportaciones como la invención del microscopio, el método científico, la teoría y la experimentación fueron elementos que complementaron la investigación, y se estableció la teoría newtoniana, lo que proporcionó una teoría completa para el análisis mecánico. En la ilustración, Euler, D'Alembert, Lagrange, Baglivi y Keill, aportaron: el mejor entendimiento del concepto de la fuerza, el desarrollo de los conceptos energía y conservación del momento, la consolidación matemática de las leyes mecánicas, el comprendimiento de la contracción muscular, estudio de biomateriales para crear estructuras. En el siglo de la Marcha, las principales aportaciones a la biomecánica fueron: el desarrollo de los métodos de medición para la cinemática y cinética del movimiento,

así como para la corriente eléctrica, la biomecánica dejó de ser intuitiva para ser basada en la cuantificación, la técnica fotográfica, la aparición de la electromiografía y el entendimiento de los biomateriales.

En el siglo XX, personalidades como Amar, Bernstein, Hill, Sherrington, Labany Huxley, hicieron grandes aportaciones. La biomecánica comenzó a impartirse como disciplina autónoma llamándola: Teoría del movimiento en 1927 y en 1931 se cambió su nombre por Biomecánica de los ejercicios físicos. La competitividad en las disciplinas olímpicas fueron causa nacional en la Unión Soviética, quienes comenzarían un largo programa de perfeccionamiento de sus gimnastas siguiendo el modelo del libro de Lesgaft

Biomecánica de los Ejercicios Físicos

La biomecánica era una asignatura obligatoria. En 1968, apareció la primera revista especializada en biomecánica, Journal of Biomechanics, nacida en Nueva York. Y en 1985, nació la primera con orientación deportiva: Journal of sports biomechanics. En 1972, en Pensilvania, se creó la primera sociedad de Biomecánica, la ISB, creada por el profesor, Richard Nelson. En la actualidad, los avances tecnológicos y la colaboración en áreas como la biología, fisiología, medicina y el deporte; hacen que la biomecánica se encuentre en un momento de gran producción y avance científico.

CINESIOLOGIA VS BIOMECÁNICA. SIMILITUDES Y DIFERENCIAS SEMÁNTICAS Y DE ESTUDIO

La [cinesiología](#) se basa en el estudio del movimiento, y la disciplina se divide en tres partes: la cinesiología biomecánica, anatomía musculoesquelética y fisiología neuromuscular. Su estudio se basa en la premisa de estudiar al movimiento definido como un cambio que involucra complejos sistemas del cuerpo para su realización, como puede ser el sistema articular, muscular, óseo, etc. con diferentes connotaciones esquemáticas. Es decir se estudia al movimiento según el punto de vista de los procesos biológicos, químicos, tiempo, distancia fuerza, comportamientos, motivaciones, parámetros neurales, entre otros.

Los movimientos motores dejan de verse como particularidad o respuesta a una serie de estímulos, sino que la cinesiología muestra una visión amplificada de las destrezas necesarias para su realización es así como la cinesiología logrará un cambio en las cualidades físicas y mentales. También podremos notar que al existir fallas en algún punto de este proceso se puede detectar la problemática de forma fehaciente y así

ayudarse del amplio estudio de la cinesiología para su corrección; así como en la identificación especial e individualizada de cada rasgo. Para ver en forma práctica a la cinesiología podremos valernos de ejemplos vivenciales. Uno de ellos sería notar como la cinesiología podría ayudar a mejorar las destrezas deportivas, mejorar los resultados de los ejercicios físicos sean cuales sean, modificar la postura, la forma de caminar, utilización de todo el cuerpo en las actividades cotidianas, entre muchas más.

Las premisas cinesiológicas se pueden aplicar en personas de todas las edades, no existen restricciones, ya que sus bases teóricas son aplicadas de forma individualista acoplándose así a las necesidades requeridas. La biomecánica es un área de conocimiento interdisciplinaria que estudia los fenómenos naturales que ocurren en el cuerpo humano como consecuencia de sufrir la aplicación de fuerzas de diverso origen y sirve para medir el rendimiento de acuerdo a la optimización del gasto energético. La biomecánica tiene áreas de aplicación como la medicina, la ergonomía y los deportes.

Es una disciplina científica que tiene por objeto el estudio de las estructuras de carácter mecánico que existen en los seres vivos, fundamentalmente del cuerpo humano. Esta área de conocimiento se apoya en diversas ciencias biomédicas, utilizando los conocimientos de la mecánica, la ingeniería, la anatomía, la fisiología y otras disciplinas, para estudiar el comportamiento del cuerpo humano y resolver los problemas derivados de las diversas condiciones a las que puede verse sometido.¹

La biomecánica está íntimamente ligada a la biónica y usa algunos de sus principios, ha tenido un gran desarrollo en relación con las aplicaciones de la ingeniería a la medicina, la bioquímica y el medio ambiente, tanto a través de modelos matemáticos para el conocimiento de los sistemas biológicos como en lo que respecta a la realización de partes u órganos del cuerpo humano y también en la utilización de nuevos métodos diagnósticos.

Una gran variedad de aplicaciones incorporadas a la práctica médica; desde la clásica pata de palo, a las sofisticadas ortopedias con mando mioeléctrico y de las válvulas cardíacas a los modernos marcapasos existe toda una tradición e implantación de prótesis.

Hoy en día es posible aplicar con éxito, en los procesos que intervienen en la regulación de los sistemas, modelos matemáticos que permiten simular fenómenos muy complejos en potentes ordenadores, con el control de un gran número de parámetros o con la repetición de su comportamiento. La biomecánica se estableció como disciplina reconocida y como área de investigación autónoma en la segunda mitad del siglo XX en gran parte gracias a los trabajos de Y. C. Fung cuyas investigaciones a lo largo de cuatro décadas marcaron en gran parte los temas de interés en cada momento de esta disciplina

La Biomecánica está presente en diversos ámbitos, aunque cinco de ellos son los más destacados en la actualidad:

- La biomecánica médica, evalúa las patologías que aquejan al hombre para generar soluciones capaces de evaluarlas, repararlas o paliarlas.
- La biomecánica fisioterapéutica, evalúa las disfunciones del sistema musculoesquelético en el ser humano, para poder observar, evaluar, tratar o disminuir dichas disfunciones. Para realizar esta acción de una manera adecuada, la biomecánica fisioterapéutica aborda la Anatomía desde un punto de vista funcional, entiende el "por qué" y el "como", es decir, como funciona la articulación, analiza funciones articulares como la estabilidad, la movilidad y la protección analizando el equilibrio que se da entre ellas, todo esto, siguiendo términos Anatómicos internacionales. La diferencia entre la biomecánica de la mecánica o mecánica industrial y la biomecánica fisioterapéutica es que esta es realmente móvil, esta "inscrita en el tiempo".
- La biomecánica deportiva, analiza la práctica deportiva para mejorar su rendimiento, desarrollar técnicas de entrenamiento y diseñar complementos, materiales y equipamiento de altas prestaciones. El objetivo general de la investigación biomecánica deportiva es desarrollar una comprensión detallada de los deportes mecánicos específicos y sus variables de desempeño para mejorar el rendimiento y reducir la incidencia de lesiones. Esto se traduce en la investigación de las técnicas específicas del deporte, diseñar mejor el equipo deportivo, vestuario, y de identificar las prácticas que predisponen a una lesión. Dada la creciente complejidad de la formación y el desempeño en todos los niveles del deporte de competencia, no es de extrañar que los atletas y entrenadores estén recurriendo en la literatura de investigación sobre la biomecánica aspectos de su deporte para una ventaja competitiva.
- La biomecánica ocupacional, estudia la interacción del cuerpo humano con los elementos con que se relaciona en diversos ámbitos (en el trabajo, en casa, en la conducción de automóviles, en el manejo de herramientas, etc.) para adaptarlos a sus necesidades y capacidades. En este ámbito se relaciona con otra disciplina como es la ergonomía. Últimamente se ha hecho popular y se ha adoptado la Biomecánica ocupacional que proporciona las bases y las herramientas para reunir y evaluar los procesos biomecánicos en lo que se refiera a la actual evolución de las industrias, con énfasis en la mejora de la eficiencia general de trabajo y la prevención de

lesiones relacionadas con el trabajo, esta está íntimamente relacionada con la ingeniería médica y de información de diversas fuentes y ofrece un tratamiento coherente de los principios que subyacen a la biomecánica bien diseñada y ergonomía de trabajo que es ciencia que se encarga de adaptar el cuerpo humano a las tareas y las herramientas de trabajo.

- La biomecánica forense, se ocupa de estudiar los mecanismos de lesión que se pueden producir en el cuerpo frente a choques, colisiones, actuación de esfuerzos de consideración. Aplica los conceptos biomecánicos con el fin de determinar mecanismos causales, y aclarar el modo en que se pudieron producir las lesiones.
1. Kinesiología. El término kinesiología viene de la palabra griega *Kinéin* 'mover[se]'. La kinesiología, conocida también como la *cinética humana*, es el estudio científico del movimiento humano. Aborda los mecanismos fisiológicos, mecánicos y psicológicos. La aplicaciones de la kinesiología de la salud humana incluyen la biomecánica y ortopedia; fuerza y acondicionamiento; los métodos de rehabilitación, como son la terapia física y ocupacional; y el deporte y el ejercicio. El trabajo de las personas especializadas en kinesiología puede abarcar varios campos, como son, la investigación, la industria de la aptitud, ajustes clínicos y el entorno industrial. Esta ciencia, no debe confundirse con la Kinesiología aplicada, que es un método de diagnóstico quiropráctico.
 2. Rehabilitación. La rehabilitación de la función motora y cognitiva suele implicar métodos de entrenamiento de vías neuronales ya existentes o formación de nuevas conexiones neuronales para recuperar o mejorar el funcionamiento neurocognitivo que se haya visto disminuido por alguna patología o traumatismo. Tres de los problemas neuropsicológicos con los que más frecuencia se aplica rehabilitación son el déficit de atención/hiperactividad (TDAH), conmoción cerebral y lesiones de la médula espinal. Fisioterapeutas, logopedas y terapeutas ocupacionales utilizan distintos métodos y ejercicios para funciones cerebrales específicas, por ejemplo, los ejercicios de coordinación ojo-mano pueden rehabilitar ciertos déficits motores, o ejercicios de planificación y organización, capaces de rehabilitar las funciones ejecutivas tras un golpe traumático en la cabeza o médula. Técnicas neurocognitivas, como la terapia de rehabilitación cognitiva, proporcionan la evaluación y

tratamiento de trastornos cognitivos de una gran variedad de enfermedades cerebrales y otros daños que causan incapacidad persistente para muchos individuos. La rehabilitación se dirige a las funciones cognitivas como la atención, la memoria y la función ejecutiva.

3. Ergonomía. La búsqueda de factores humanos y de ergonomía es un campo multidisciplinario, con aportaciones de la psicología, la ingeniería, la biomecánica, diseño industrial, diseño gráfico, estadísticas, investigación y operaciones de la antropometría. Consiste en diseñar equipos y dispositivos que se ajusten al cuerpo humano y a sus capacidades cognitivas. Los términos "factores humanos" y "ergonomía" son sinónimos. La definición que da la Asociación Internacional de Ergonomía sobre la ergonomía o los factores humanos es:

La ergonomía (o factores humanos) es la disciplina científica que estudia las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema. Utiliza teoría, principios, datos y métodos con el fin de diseñar, y obtener así un bienestar general y un buen rendimiento humano. Su objetivo es conseguir un buen estado de salud, seguridad y productividad. Es relevante en el diseño de muebles, máquinas y equipos. El diseño ergonómico es necesario para prevenir lesiones por esfuerzos repetitivos y problemas musculoesqueléticos, los cuales se pueden desarrollar con el tiempo y pueden alcanzar la discapacidad a largo plazo.

Los factores humanos o la ergonomía tiene que ver con la adaptación entre el usuario, el equipo y su entorno. Tiene en cuenta las capacidades y las limitaciones del usuario, con el fin de que pueda realizar las tareas o funciones. Para evaluar la adaptación entre la persona y la tecnología utilizada, los especialistas en ergonomía o factores humanos tienen en cuenta el trabajo o actividad que se está llevando a cabo, las demandas de los usuarios, el equipo utilizado (su tamaño, forma, y lo apropiado que es para la tarea), y la información utilizada (la forma en que se presenta, accede y cambia). La ergonomía se basa en muchas disciplinas que estudian a los seres humanos y a su medio ambiente, incluyendo la antropometría, biomecánica, ingeniería mecánica, ingeniería industrial, diseño industrial, diseño de la información, kinesiólogía, fisiología y psicología.

Cinemática y Cinética del movimiento humano. Principios físicos dinámicos que intervienen y abordaje desde la biomecánica

El estudio del movimiento humano puede ser descrito como una ciencia interdisciplinaria que describe, analiza y evalúa el movimiento humano. Existen disciplinas que tradicionalmente han tenido interés por el movimiento humano, como la biomecánica, que tiene como objetivo el desarrollo de modelos del cuerpo humano que expliquen cómo se comporta este mecánicamente y como se puede incrementar el rendimiento o disminuir las probabilidades de sufrir una lesión musculoesquelética.

EL CONCEPTO DE CINÉTICA

Cinética

Definición

Parte de la mecánica que describe las fuerzas que causan movimientos, tales como las fuerzas de:

- Gravedad.
- Muscular.
- Fricción.
- Resistencia externa.
-

LAS LEYES DE MOVIMIENTO DE NEWTON

Ley de Inercia

Descripción

Un cuerpo en descanso permanecerá en descanso y un cuerpo en movimiento continuará moviéndose a una velocidad constante y en la misma dirección a menos que actúe sobre él mismo una fuerza externa.

Ley de Aceleración

La aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza que causa la aceleración y es inversamente proporcional a la masa de ese cuerpo y en la misma dirección de la fuerza.

El peso de un objeto no es la masa del mismo sino el efecto de la aceleración por la gravedad en una masa. Por lo tanto, el peso es una fuerza.

Cantidades

Escalar. Tienen magnitud pero no tienen dirección.

Vectores. Tienen magnitud, dirección y punto de aplicación. Los vectores se visualizan gráficamente por medio de:

- Una línea de acción: La línea de acción se dibuja en una escala arbitraria para representar la magnitud de la fuerza.
- Con una flecha que nos indica la dirección de esa fuerza.
- Con un punto de aplicación que representa la aplicación de una fuerza en un cuerpo.

Ley de Acción-Reacción

Descripción

Para cada acción siempre hay una reacción igual y opuesta.

COMPOSICION DE FUERZAS

Principios

- Cuando unas fuerzas actúan en la misma línea o en líneas paralelas podemos sumar las fuerzas para encontrar la fuerza resultante. Esta es la fuerza que produce el mismo efecto de todas las fuerzas actuando a la misma vez en un cuerpo. La magnitud de esa fuerza resultante la podemos encontrar de forma gráfica dibujando vectores de fuerza a escala o de forma algebraica usando la fórmula de la fuerza resultante es igual a la suma de las fuerzas individuales:
 - Cuando las fuerzas actúan en dirección opuesta, las fuerzas se restan.
 - Si dos fuerzas actúan en ángulo, la fuerza resultante no es la suma de las fuerzas. Resolvemos la situación gráficamente construyendo un paralelogramo. La resultante es la diagonal del paralelogramo.
 - Si el ángulo entre las fuerzas aumenta, la fuerza resultante disminuye.
 - Si el ángulo entre las fuerzas disminuye, la fuerza resultante aumenta.
- Si son más de dos fuerzas actuando en un objeto la fuerza, la resultante se puede representar gráficamente dibujando cada vector

a escala y en la dirección correcta para formar un polígono con un lado abierto. La fuerza resultante es el vector que cierra el polígono.

- Un sistema de dos fuerzas se puede resolver también gráficamente Utilizando el método triangular:
 - Ejemplo: Un músculo halando con 30 lbs. de fuerza en un hueso a 20° del mismo y otro halando con 60 lbs a 75° en el mismo punto.

MÁQUINAS DEL CUERPO

Palancas

Concepto

La palanca es la máquina que opera con el principio de una barra rígida x la cual actúan unas fuerzas que tienden a rotar la barra alrededor de un eje.

Un sistema de tres fuerzas:

- Eje.
- Resistencia o peso.
- Esfuerzo ("moving force" o "nolding force").

Tipos

Palanca de primera clase. El eje se encuentra entre la resistencia y el esfuerzo.

Palanca de segunda clase. La resistencia se encuentra entre el eje y el esfuerzo.

Palanca de tercera clase. El esfuerzo se encuentra entre el el eje y la resistencia.

- Brazo de la resistencia: Es la distancia perpendicular desde la línea de acción de la resistencia hasta el eje de movimiento de la palanca.
- Brazo del esfuerzo: Es la distancia perpendicular desde la línea de acción del esfuerzo hasta el eje de movimiento de la palanca.

El Principio de las Palancas

Una palanca se encontrará en balance o equilibrio cuando el producto del esfuerzo y el brazo del esfuerzo es igual al producto de la resistencia por el brazo de la resistencia:

Ejemplo: Si yo sostengo en la mano una bola que pesa 5 libras que se se encuentra a 12 pulgadas de la articulación del codo, cuando este ésta flexionado a 90° , ¿Cuántas libras de fuerza vertical tendrá que ejercer el biceps para sostener la resistencia, si éste se ata a 1.5 pulgadas del eje del codo?.

Ventaja Mecanica de una Palanca

Concepto. Es la habilidad de la máquina de darle ventaja al esfuerzo o en el cuerpo, de darle ventaja a la fuerza muscular.

Ejemplos.

Tenemos mayor ventaja mecánica cuando el brazo del esfuerzo es mayor al brazo de la resistencia. Un aumento en el largo del brazo del esfuerzo o una disminución en el largo del brazo de la resistencia resulta en mayor ventaja mecánica, facilitando la tarea que se va a ejecutar.

Ejemplo: Prueba de fuerza muscular.

Palanca de 1era clase: En este tipo de palanca no se puede predecir la ventaja mecánica ya que dependerá del lugar en que se encuentre el eje.

Ejemplo: Articulación atlanto-occipital.

Esta palanca se utiliza para ganar fuerza (esfuerzo) o distancia, dependiendo del largo relativo del brazo del esfuerzo y del brazo de la resistencia.

Palanca de 2da clase: La resistencia se encuentra entre el eje y el esfuerzo. El brazo del esfuerzo es mayor que el largo del brazo de la resistencia. Ventaja mecánica: Esta palanca provee una ventaja de fuerza tal que con poco esfuerzo se pueden sostener resistencias grandes.

Ejemplo: Carretilla.

Palanca de 3era clase: El esfuerzo se encuentra entre el eje y la resistencia. El brazo de la resistencia es mayor al brazo del esfuerzo.

Ventaja mecánica: Puede ser 0.1 ó menor. Es la más común en el cuerpo y la encontramos en la mayoría de los movimientos en cadena cinemática abierta. Este tipo de palanca no es recomendable si queremos mover una resistencia grande. Se utiliza para mover pesos pequeños, grandes distancias.

Un sistema de palancas se encontrará en equilibrio cuando el resultante de todas las fuerzas actuando en el sistema es igual a cero.

Torque

Concepto. Es el efecto de una fuerza de causar rotación de una palanca si la fuerza se aplica a cierta distancia del eje de la palanca. Es el producto de una fuerza multiplicado por la distancia perpendicular entre la línea de acción de la fuerza y el eje de rotación. $T = F \times D$ Expresa la efectividad de una fuerza en mover un sistema de palancas. Esa efectividad no dependerá solamente de la magnitud de la fuerza sino también de la distancia a la cual está actuando esa fuerza. Ejemplo: Sube y baja.

Principios

- Para que exista equilibrio en una palanca, el torque producido por el esfuerzo deberá ser igual al torque producido por la resistencia. La suma de los torques es igual a cero. $\sum T = 0$
- Una fuerza que actúe en el origen o eje de un sistema no tendrá efecto de torque pues no causará rotación del sistema.

- Solamente cuando la línea de acción de una fuerza es perpendicular a la palanca, la distancia entre la línea de acción de la fuerza y el eje de movimiento es igual al largo de la palanca.
- La dirección de los torques es positiva (+) si crea la tendencia de mover la palanca en dirección de las manecillas del reloj, y es negativa (-) si tiende a mover la palanca en dirección opuesta.
- El torque que produce un músculo varía según la posición en que se encuentre la articulación que mueve ese músculo. Ejemplo: El brazo del esfuerzo de los flexores de codo es mayor cuando el codo está flexionado a 90° (la distancia perpendicular (?) a la línea de acción del músculo y el eje de movimiento), por lo tanto el torque que producen estos músculos también será mayor en esa posición.
- La ecuación de equilibrio ($\sum T = 0$) permite encontrar la magnitud de fuerzas que produce un músculo o fuerzas que se producen en la articulación que no se pueden medir directamente.

Poleas

Función

Se utilizan para cambiar la dirección de una fuerza ó para aumentar ó disminuir la magnitud de la fuerza. Aplicación en el cuerpo humano: En el cuerpo no tenemos poleas como tal pero tenemos unas prominencias óseas y otros medios que permiten:

- Desviar la dirección de la fuerza de un músculo.
- Aumentar la ventaja mecánica del músculo al aumentar su brazo de esfuerzo (distancia perpendicular desde la línea de acción del músculo y el eje de movimiento de la articulación).

Ejemplo

La patela. Cambia la dirección de la línea de acción del cuádriceps y aumenta el largo del brazo del esfuerzo del cuádriceps (palancaje).

Tipos

- Polea sencilla: Su propósito es cambiar la línea de una fuerza.
- Poleas móviles: Este sistema de poleas distribuye el peso que se está levantando a través de un número de cuerdas, por lo tanto proveen ventaja mecánica.

RESOLUCIÓN DE FUERZAS

Principio

Cuando una fuerza actúa en ángulo en un segmento, esa fuerza puede resolverse en dos fuerzas componentes, una vertical y otra horizontal.

Objetivos

- Visualizar el efecto que tienen esas fuerzas angulares en el cuerpo.
- Determinar el torque producido por esas fuerzas.
- Calcular la magnitud de las fuerzas que producen los músculos y las fuerzas de compresión de la articulación.

Componentes

- *El componente vertical:* Es \perp al eje de x y el componente horizontal paralelo al eje x. La magnitud y la dirección de estos componentes tienen el mismo efecto que la fuerza original.
- *Componente rotatorio:* Componente \perp al segmento (que puede ser el eje x) que es la fuerza efectiva en causar el movimiento rotatorio del segmento alrededor de un eje.
- *Componente paralelo:* Componente que causa compresión o distracción entre las superficies articulares.

Para calcular la magnitud de cada uno de esos componentes se utilizan las funciones trigonométricas del triángulo recto de Pitágoras donde la hipotenusa es la fuerza original.

Ejemplos:

- Determina el componente rotatorio y el componente estabilizante de un músculo que está halando en un segmento óseo a 15° con una fuerza de 160 lbs.

¿Cuál es la fuerza resultante y a qué ángulo en el hueso está actuando esa fuerza si un músculo A está halando en un hueso con una fuerza de 75 libras a un ángulo de 10° un músculo B está halando en el mismo punto de ese hueso con una fuerza de 100 libras a un ángulo de 15° y un músculo C está halando en el mismo punto del hueso con una fuerza de 150 libras a un ángulo de 30° ?

El torque que produce una fuerza se puede calcular multiplicando el componente vertical de la fuerza por la distancia a la cual está apl cada la fuerza.

CENTRO DE GRAVEDAD

Concepto

Punto alrededor del cual cada partícula de la masa está equitativamente distribuída.

Localización

Adulto

Posición anatómica de pie: El centro de gravedad se encuentra un poco anterior a la segunda vértebra sacral.

Determinates

Posición del cuerpo. Cambios de posiciones del cuerpo causan cambios en la posición del centro de gravedad. Cualquier cambio en la posición de un segmento individual causara un cambio en la posición del centro de gravedad del segmento y del cuerpo también. Si flexionamos una extremidad movemos su centro de gravedad proximalmente. En este caso acortamos entonces el brazo de la resistencia en esa palanca de tercera clase. Esto resulta en una disminución del torque producido por esa resistencia. Esto facilitaría la actividad porque el torque que tiene que producir el esfuerzo debe ser igual al torque producido por la resistencia.

Cuando aplicamos una pesa o resistencia en un segmento, el torque producido por esa resistencia sera mayor cuando el segmento se encuentra horizontal. En esa posición la distancia entre la resistencia y el eje de movimiento es mayor. Además de que en esa posición el componente rotatorio del vector de resistencia es igual al peso de la resistencia cuando esta se encuentra ? al piso.

Estabilidad

Determinantes

Localización del centro de gravedad en relación a la base de soporte: Para que exista estabilidad, el centro de gravedad de un cuerpo debe proyectarse dentro de la base de soporte.

El grado de estabilidad o movilidad de un cuerpo en términos mecanicos va a depender de:

- El tamaño de la base de soporte.
- La altura del centro de gravedad sobre la base de soporte.
- La localización de la línea de gravedad dentro de la base de soporte.
- El peso del cuerpo.

Equilibrio Estable

Alteramos la posición del centro de gravedad levemente y el cuerpo puede hacer los ajustes necesarios para lograr que el centro de gravedad regrese a su posición original.

Equilibrio no Estable

Alteramos la posición del centro de gravedad y el cuerpo no puede regresar a su posición original y asume una posición nueva.

Equilibrio Neutral

Cuando el centro de gravedad se desplaza pero permanece a un mismo nivel (el cuerpo ni se cae, ni regresa a la posición original, sino que se desplaza el centro de gravedad con su base de soporte).

Beneficios de la biomecánica adecuada.

La comprensión de los movimientos adecuados permitirá ser más eficiente, además de desarrollar buenos hábitos posturales a largo plazo. Una persona que incorpora una biomecánica adecuada en sus movimientos corporales reducirá considerablemente el riesgo de lesionarse.

Ahora veamos algunos de los beneficios de tener una biomecánica adecuada:

- Desarrolla patrones de movimiento eficientes.
- Minimizar las lesiones.
- Desarrolla hábitos posturales adecuados.
- Conservación de energía a través de la economía del movimiento.
- Ayuda a eliminar los desequilibrios musculares.
- Reduce el desgaste en las articulaciones y los ligamentos.
- En deportistas mejora la forma y el gesto técnico específico del deporte en cuestión.

Todo esto debido a que los músculos generan fuerzas de tracción y aplican movimientos en las articulaciones a través de palancas para proporcionar estabilidad en el cuerpo. Por lo tanto, cualquier lesión de cualquiera de los elementos individuales del sistema musculoesquelético cambiará la interacción mecánica y causará degeneración e inestabilidad en los movimientos.

Elementos a tener en cuenta para la comprensión de una adecuada biomecánica

Para comprender los mecanismos al momento de ejecutar un movimiento y su importancia es necesario tomar en cuenta estos 3 elementos que se presentan a continuación:

1. Los efectos fisiológicos.

Dichos efectos van a responder directamente a la tensión mecánica que se ejerza sobre el cuerpo. Cuando existe una tensión mecánica sobre el cuerpo, éste debe aceptar fuerzas de fuentes externas y va a responder creando las fuerzas internas apropiadas, provenientes de la musculatura y los tejidos conectivos, para crear el movimiento más apropiado.

Estas fuerzas, tanto internas como externas van a producir adaptaciones fisiológicas dentro del cuerpo. Dichas adaptaciones fisiológicas pueden ser estructurales (tejido conectivo) o funcionales (adaptaciones neuromusculares).

2. Las fuerzas.

Para obtener las adaptaciones adecuadas, se deben comprender las fuerzas, cómo se aplican, en qué dirección, en qué rango de movimiento, a qué velocidad y cómo se van a adaptar los tejidos del cuerpo a dichas fuerzas.

En pocas palabras, la comprensión de las fuerzas y sus efectos son de suma importancia, ya que existen fuerzas sobre nosotros todo el tiempo, ya sea que algo se esté moviendo o no. Si se produce un movimiento, eso significa que hay una fuerza que ocasionó ese movimiento.

3. La evaluación

Gran parte del proceso de evaluación consiste en evaluaciones posturales y de movimiento. Estas evaluaciones analizan cómo el cuerpo de una persona se ha adaptado a las fuerzas impuestas a lo largo del tiempo. Dichas evaluaciones pueden indicar ciertos desequilibrios de las cadenas musculares que deben abordarse.

De manera que, es importante comprender la forma en la que el cuerpo se va a adaptar a las tensiones biomecánicas que se le imponen. Los movimientos se basan en los objetivos y necesidades de cada persona y la optimización de la técnica en cada uno de ellos va a garantizar que las fuerzas en ese movimiento estresen a los tejidos correctamente y así minimizar el riesgo de lesiones.

Aplicaciones de la biomecánica

Por último veamos algunas de las aplicaciones en las que la biomecánica puede intervenir de manera beneficiosa:

- La biomecánica se puede aplicar a individuos, analizando sus movimientos y entrenándolos para un movimiento más efectivo durante el ejercicio y el movimiento deportivo.
- La biomecánica se puede utilizar en el diseño de equipos deportivos, ropa, calzado y en los campos e instalaciones donde se practican deportes. Un ejemplo de esto lo vemos en zapatillas deportivas para un mejor rendimiento dependiendo del tipo de pisada de la persona.
- La biomecánica puede estudiar técnicas deportivas y sistemas de entrenamiento para hacerlos más eficientes. Puede proponer y analizar nuevas técnicas de entrenamiento basadas en las demandas mecánicas del deporte, con el objetivo de mejorar el rendimiento.
- La biomecánica se puede aplicar para estudiar las causas, el tratamiento y la prevención de lesiones deportivas. La investigación analiza las fuerzas en el trabajo que pueden llevar a un esguince de tobillo y cómo el diseño del zapato o la superficie de juego podrían reducir el riesgo de lesiones.

Biomecánica de normal de la Marcha. Progresión axial dinámica y mecanismos de estudio

El conocimiento de la locomoción humana normal es la base del tratamiento sistemático y del manejo de la marcha patológica, especialmente cuando se usan prótesis y órtesis. La locomoción humana normal se ha descrito como una serie de movimientos alternantes, rítmicos, de las extremidades y del tronco que determinan un desplazamiento hacia delante del centro de gravedad. Más específicamente, la locomoción humana normal puede describirse enumerando algunas de sus características. Aunque existen pequeñas diferencias en la forma de la marcha de un individuo a otro, estas diferencias caen dentro de pequeños límites.

En la marcha se da una sucesión de doble apoyo y de apoyo unipodal, es decir que durante la marcha el apoyo no deja nunca el suelo, mientras que en la carrera, como en el salto, existen fases aéreas, en las que el cuerpo queda suspendido durante un instante.

Métodos de estudio de la marcha

El estudio de la marcha comprende tanto la cinemática, que describe los movimientos, como la cinética, que estudia las fuerzas que producen los movimientos. Para el análisis de la marcha se usan diversos métodos:

- Acelerometría: permite medir la aceleración en cualquier segmento o articulación del cuerpo.
- Goniometría digital: mide la posición angular en cualquier instante de tiempo.
- Sistemas de análisis en 2D y 3D (cámaras normales, infrarrojas..): registran en video el movimiento y permiten digitalizar el cuerpo como un sistema de segmentos unido por puntos.
- Electromiografía (EMG): mide la actividad muscular.
- Baropodometría (figura 4.1.1a): mide la presión ejercida sobre el piso.
- Plataformas de fuerza (figura 4.1.1b): registran la fuerza durante el apoyo del pie en el ciclo de marcha.

Ciclo de marcha

El ciclo de marcha comienza cuando el pie contacta con el suelo y termina con el siguiente contacto con el suelo del mismo pie. Los dos mayores componentes del ciclo de la marcha son: la fase de apoyo (60% del ciclo) y la fase de balanceo (40% del ciclo). Una pierna está en fase de apoyo cuando está en contacto con el suelo y está en fase de balanceo cuando

no contacta con el suelo. El apoyo sencillo se refiere al periodo cuando sólo una pierna está en contacto con el suelo. El periodo de doble apoyo ocurre cuando ambos pies están en contacto con el suelo simultáneamente.

Con el aumento de la velocidad de la marcha hay un aumento relativo en el tiempo gastado en la fase de balanceo, y con la disminución de la velocidad una relativa disminución. La duración del doble apoyo disminuye conforme aumenta la velocidad de la marcha. La ausencia de un período de doble apoyo es lo que diferencia correr de caminar.

El ciclo de marcha se divide en dos fases principales: apoyo y balanceo.

- *Fase de apoyo*

- Contacto del talón: instante en que el talón de la pierna de referencia toca el suelo.
- Apoyo plantar: contacto de la parte anterior del pie con el suelo.
- Apoyo medio: ocurre cuando el trocánter mayor está alineado verticalmente con el centro del pie, visto desde un plano sagital.
- Apoyo terminal: ocurre cuando el talón se eleva del suelo.
- Despegue: ocurre cuando los dedos se elevan del suelo.

La fase de apoyo puede también dividirse en intervalos con los términos de aceptación del peso, apoyo medio y despegue. El intervalo de aceptación del peso empieza en el contacto del talón y termina con el apoyo plantar. El intervalo de apoyo medio empieza con el apoyo plantar y termina con el apoyo terminal del talón. El despegue se extiende desde el apoyo termina hasta el despegue de los dedos.

- *Balanceo*

- Balanceo inicial: se caracteriza por la rápida aceleración del extremo de la pierna inmediatamente después de que los dedos dejan el suelo.
- Balanceo medio: la pierna balanceada pasa a la otra pierna, moviéndose hacia delante de la misma, ya que está en fase de apoyo.
- Balanceo terminal: se da la desaceleración de la pierna que se mueve rápidamente cuando se acerca al final del intervalo.

Parámetros

- Ciclo de marcha: recorrido entre dos apoyos sucesivos de un mismo talón.

- Zancada: secuencia de acontecimientos que tiene lugar entre dos choques de talón consecutivos del mismo pie. La distancia media entre dos apoyos consecutivos del mismo pie se denomina longitud de zancada y es, en definitiva, la suma de las longitudes del paso izquierdo y del derecho.
- Velocidad de marcha: distancia que recorre el cuerpo hacia delante en la unidad de tiempo (por ejemplo, 1.5 m/s).
- Cadencia de marcha: ciclos o pasos por unidad de tiempo (120 pasos/min o 1 ciclo/s).
- Longitud de ciclo: distancia entre dos choques consecutivos de talón de un mismo pie.
- Longitud de paso: distancia entre ambos pies cuando contactan con el suelo.
- Amplitud de paso: distancia entre los centros de las huellas plantares.
- Ángulo interpodal: formado por el eje longitudinal del pie y la línea media de la progresión de la marcha.

Determinantes de la marcha

Durante la marcha, el movimiento que imprime el centro de gravedad es sinuoso y no rectilíneo, lo cual exige ciertos intercambios de energía: conversiones entre energía cinética y potencial y transferencias de energía entre segmentos.

Durante la fase de apoyo bipodal el centro de gravedad del tronco se encuentra en su posición más baja y presenta su máxima velocidad hacia delante, es decir, su energía potencial es mínima y su energía cinética máxima (figura 4.1.2).

Tradicionalmente se han identificado seis mecanismos fundamentales de optimización de la marcha encaminados a la reducción de las oscilaciones que presentaría teóricamente el centro de gravedad del cuerpo. Estos seis mecanismos fundamentales son:

- Rotación pélvica en el plano transversal: la pelvis rota hacia delante en el plano horizontal 40° cada lado de la línea central, cuando el centro de gravedad está en el punto inferior de la trayectoria de la curva. Esta rotación permite que el desplazamiento vertical del centro de gravedad disminuya 1 cm. Para compensar, los brazos se mueven en sentido opuesto a los miembros inferiores y la cintura escapular gira en el sentido contrario a la pelviana.

- **Inclinación pélvica:** la pelvis desciende hacia el lado de la pierna en balanceo, mientras que la pierna que soporta el peso entra en aducción a medida que la pelvis se desplaza hacia ella. Este ligero desplazamiento sirve para reducir la elevación del centro de gravedad en 3 mm.
- **Flexión de la rodilla durante la fase de apoyo:** luego del apoyo de talón, la rodilla se flexiona unos 15° , lo cual desciende en otros 3 mm el centro de gravedad en su punto máximo.
- **Ancho de la base de sustentación:** En la marcha normal, la pelvis debe desplazarse horizontalmente para mantener su estabilidad en el apoyo medio. La estrecha base de sustentación, entre 5 y 10 cms reduce el desplazamiento lateral del centro de gravedad.
- **Contacto mediante el talón y despegue mediante el antepié.**
- **Ligera angulación fisiológica en valgo de la rodilla:** Persiguiendo una reducción del desplazamiento lateral del centro de gravedad.

Cuando se pierde cualquiera de estos 6 mecanismos fundamentales, se produce un aumento del gasto de energía.

En un análisis de marcha, se estudian las posiciones angulares de los segmentos en cada uno de los planos: sagital, frontal y horizontal. Para las articulaciones de rodilla y tobillo estos movimientos en cada plano se conocen como flexo/extensión, abducción/adducción y rotación interna/externa. En la pelvis se llaman inclinación, oblicuidad y rotación interna y externa. Para el tobillo, dorsi/plantiflexión y progresión del pie. En la figura 4.1.3, se muestran los valores de referencia (franja gris) y los valores para el ciclo de marcha derecho (verde) e izquierdo (rojo) de un sujeto de prueba.

Cinética

Las fuerzas presentes durante la marcha son las de gravedad, inercia, contracción muscular y las de reacción del suelo, conocidas comúnmente como GRF por sus siglas en inglés (ground reaction force). En un análisis cinético de marcha, se estudian las fuerzas de reacción producidas por el vector GRF en los tres ejes (vertical, medial-lateral y anteroposterior), los momentos articulares y la potencia muscular (figura 4.1.4).

Potencia

La potencia durante la marcha se debe a la energía producida ($P > 0$) o absorbida ($P < 0$) en las articulaciones por la acción de los momentos internos (musculares) y externos (fuerza de reacción). Una potencia positiva se relaciona con contracciones musculares concéntricas, mientras que las negativas se deben a contracciones excéntricas.

En el análisis de marcha, la potencia se calcula como el producto $P = M\omega$, donde M es el momento articular y ω es la velocidad angular en [rad/s].

Flujo de potencia

La velocidad angular en una articulación es igual a:

$$P = M(\omega_{proximal} - \omega_{distal})$$

La ecuación de potencia podría escribirse entonces como:

$$P = M(\omega_{proximal} - \omega_{distal}) = M\omega_{proximal} - M\omega_{distal}$$

En otras palabras, el flujo de potencia muscular tiene dos componentes, una entregada a o absorbida por el extremo proximal y otra entregada a o absorbida por el extremo distal. Estos se llaman flujos activos porque son transmitidos de los músculos insertados al segmento en la articulación. Si el flujo proximal es igual al distal, $\omega_{proximal} - \omega_{distal} = 0$, por lo que no habrá potencia generada ni absorbida. En otras palabras el músculo se está contrayendo isométricamente y está únicamente transfiriendo de un segmento a otro. Por otro lado, si un segmento está fijo, habrá generación o absorción de potencia pero no transferencia.

Alteración de la marcha

Las causas que originan una marcha patológica pueden agruparse en 3 tipos:

- Anormalidades frecuentes: Acortamiento de miembro inferior, anquilosis o limitación de la amplitud articular, inestabilidad articular o marcha antiálgica.
- Déficits neurológicos de origen central: Hemiplejía, espasticidad, ataxia, parkinsonismo...
- Lesiones neurológicas periféricas: parálisis de extensores de cadera, de glúteo medio, de cuádriceps, isquiotibiales, flexores dorsales del pie o del tríceps sural.

Resumen de conceptos importantes

- Fases del ciclo de marcha: apoyo y balanceo.
- Cadencia: pasos/minuto.
- Fase de apoyo: contacto del talón, apoyo plantar, apoyo medio, apoyo terminal, despegue.
- Fase de balanceo: balanceo inicial, medio y terminal.
- Torque externo: producido por la GRF.
- Torque interno: muscular.
- Potencia muscular, igual al momento articular por la velocidad

angular: $P=Mw$

LA FASCIA PLANTAR Y EL MECANISMO DE WINDLASS

La Fascia Plantar cumple un rol fundamental en la biomecánica del pie. Una de sus funciones principales es el soporte del arco longitudinal medial del mismo y actúa en el mecanismo de propulsión durante la marcha, disipando las fuerzas y el estrés.

Cuando se produce un proceso inflamatorio sobre esta zona, aparece lo que se conoce como Fascitis Plantar. Algunos autores consideran que la lesión es causada por micro traumas repetitivos en el punto de inserción generando cambios degenerativos sobre la misma. Esta se caracteriza por dolor y tirantez sobre el tubérculo medial del calcáneo, siendo más doloroso en los primeros pasos en la mañana. La Fascitis Plantar afecta a un 10% de los corredores y también es común entre los atletas cuyas actividades tienen un alto impacto.

No se conocen bien las causas de la Lesión, algunos autores atribuye la Fascitis Plantar a alteraciones Biomecánicas tales como un exceso de pronación, dando como resultado un aumento de movilidad en el pie. Otra posible causa puede ser un arco interno elevado (pie Cavo) donde al contrario del anterior, genera una disminución en la movilidad.

El «mecanismo de Windlass» es un modelo mecánico que nos brinda información detallada de los factores Biomecánicos del pie y sus tensiones. Este mecanismo describe la manera de cómo se comporta la fascia plantar durante las actividades que soportan peso y proporciona información con respecto a las tensiones biomecánicas producidas.

El mecanismo de windlass es un dispositivo para levantar un objeto pesado apretando una cuerda o cable. El calcáneo, la articulación medio tarsiana y Cabeza del 1° Metatarso forman el arco. La fascia plantar forma la barra de acoplamiento que va desde el calcáneo hasta la articulación metatarso falángica.

Las fuerzas verticales viajan hacia abajo a través de la tibia y tienden a aplanar el arco longitudinal medial. A su vez, las fuerzas de reacción del suelo viajan hacia arriba en el calcáneo y cabeza de los Metatarsianos, lo que dan como resultado un mayor aplanamiento del arco interno. La fascia plantar, actuando como una cuerda, previene el colapso del arco interno debido a su tracción acercando la base del calcáneo y las falanges. Este mecanismo se realiza a partir de la flexión dorsal del primer dedo, donde se tensa la propia fascia elevando el arco longitudinal medial del pie (se eleva el puente), seguido de la puesta en tensión del tendón de Aquiles y la rotación externa de la tibia, todo ello para convertir el pie en una estructura compacta y estable para un despegue eficiente. El pie debe tener un equilibrio entre la pronación y la supinación. Demasiado o muy poco de cualquiera de los movimientos en el momento equivocado del ciclo de la marcha conduce a una función ineficiente del pie. El aumento de la pronación conduce a un alargamiento de la fascia plantar

que da como resultado una inestabilidad durante la propulsión de la marcha, minimizando así el uso eficiente del mecanismo de Windlass. Un pie Cavo, en cambio, limita la movilidad normal del pie. Un arco interno elevado disminuye la pronación que se realiza para disipar las fuerzas. Por lo tanto hay una menor absorción del choque del pie con el suelo y un aumento de la tensión de la fascia plantar.

Pacientes con pie Cavo tienen una disminución en la distancia entre el calcáneo y la cabeza del 1º metatarso. Las personas con este tipo de pie tienen a su vez una disminución de la flexión dorsal. La combinación de un arco medio alto y la disminución en la flexión dorsal produce una tensión continua en la fascia plantar que puede producir una adaptación de los tejidos dando como resultado un acortamiento de los mismos. Entendiendo esto, cualquier anomalía del mecanismo de Windlass nos va a afectar a cualquier zona relacionada, principalmente a la fascia plantar (también al Tendón de Aquiles).

El mecanismo de Windlass es relativamente fácil de valorar con el Test de Jack.

Para el Test de Jack, se necesita estar descalzo y repartiendo el peso por igual en las dos piernas, el explorador intentará levantar el dedo gordo de un pie (después del otro para comparar). Si lo consigue, se activará de inmediato el mecanismo de Windlass y aumentará el arco interno del pie y la tibia realizará una rotación externa llevando la rodilla ligeramente hacia fuera. No se debe aplicar demasiada fuerza para activar el mecanismo y deberá ser similar en ambos pies.

Si, por el contrario, no se puede levantar el dedo gordo del pie o se debe realizar una fuerza excesiva, apreciaremos que el arco interno del pie no se eleva y no habrá rotación externa tibial, con las consecuentes repercusiones ascendentes a toda la extremidad inferior.

Fascitis plantar

La fascitis plantar consiste en la inflamación de la fascia plantar, una banda de tejido elástico que se extiende desde el calcáneo hasta la zona metatarsal, situada delante de los dedos. Esta estructura tiene una función esencial en el caminar, pues es una de las principales responsables de mantener el arco plantar, absorber y devolver la energía que se produce cuando el pie impacta contra el suelo. Además, se encarga de proteger los metatarsianos evitando un exceso de flexión de los dedos.

Incidencia

Esta lesión es la más común entre los deportistas y suele producirse sobre todo en corredores de fondo o en jugadores de baloncesto, por tener que hacer largas carreras sobre una superficie irregular.

Este trastorno se produce de forma bastante habitual en pacientes jóvenes y deportistas. En aquellos que no practican deporte con asiduidad suele presentarse a partir de los 45 años.

Causas

“La fascitis plantar se debe a la reiteración de correr unido a una mala pisada en una superficie dura y uniforme. También puede estar causada por un pie cavo, un pie vago o un exceso de curvación que provoca la inflamación de la fascitis”, explica Ángel de la Rubia, presidente de la Asociación Española de Podología Deportiva (Aepode). Otras posibles causas de este trastorno son la debilidad muscular, la mala sujeción del calzado o un aumento repentino de la actividad física o del peso.

Síntomas

El síntoma principal de esta lesión es el dolor que se produce en la zona interna del talón, la parte en la que se inserta la fascia plantar, y que suele manifestarse más intensamente por las mañanas debido a la rigidez matutina de la fascia, que por la noche se acorta. El dolor suele ir acompañado de hinchazón leve, enrojecimiento y sensibilidad en la parte inferior del talón.

En el caso de los deportistas, el dolor solo aparecerá por la mañana y tras la práctica de la actividad deportiva por lo que, en general, podrá seguir realizando la actividad.

Prevención

No es necesario esperar a sentir dolor para empezar a prevenir no solo la fascitis, sino muchas otras enfermedades que pueden desencadenarse por una pisada incorrecta. “En primer lugar, saber qué tipo de pie tiene el deportista. Para ello es fundamental ir al podólogo deportivo para que este le haga un estudio de la pisada”, indica de la Rubia. El objetivo de los estudios que se realizan en las tiendas de deporte es asesorar al cliente sobre el tipo de zapatilla más indicada para este y, por lo tanto, no tiene ninguna validez clínica. Después de detectar el problema concreto de pisada del paciente, el podólogo le prescribirá una plantilla personalizada que podrá adaptar perfectamente a su calzado. “Las plantillas no son solo para proteger la estructura del pie, sino para preservar el equilibrio de todo el cuerpo”, aclara el experto.

Diagnóstico

En cuanto el paciente empiece a notar los primeros síntomas, probablemente aquellos asociados al dolor en la base del talón, los expertos recomiendan acudir lo antes posible a un especialista, pues es probable que si no se trata la fascitis se vaya cronificando hasta el punto de que el paciente se vea obligado a limitar la práctica deportiva e incluso el andar de forma normal.

El diagnóstico se realiza mediante la historia clínica y la exploración física. A través de este examen se determina la fase en la que se encuentra la fascitis plantar del paciente. A continuación, el podólogo realizará un estudio de la pisada o la marcha del paciente y valorará si la inflamación de la fascia está relacionada con su forma de pisar.

Tratamientos

El tratamiento inicial suele consistir en la combinación de antiinflamatorios con diferentes tratamientos de fisioterapia dirigidos a aliviar la inflamación de la fascia en la fase aguda de este trastorno.

Si tras el examen de pisada el podólogo determina que la inflamación de la fascia se debe a un trastorno en la planta del pie, habrá que diseñar y fabricar una plantilla personalizada que permita liberar la fascia y así, una vez se alivie la inflamación de esta estructura, el paciente pueda retomar la actividad con menos probabilidad de recaída. "Con las plantillas adecuadas se pueden resolver hasta el 90 por ciento de los casos de las enfermedades que tienen que ver con la fascitis plantar", afirma de la Rubia. En los casos en los que hay que recurrir a la cirugía, esta ya no es tan invasiva como era antes, pues ahora a través de la ecografía es posible saber con exactitud el lugar en el que se debe actuar, y por ello se logra liberar la fascia de forma satisfactoria la mayoría de las veces. Sin embargo, como en toda operación, existe riesgo tanto de infección como de no resolución.

La Baropodometria. Como método diagnóstico

La baropodometría es un análisis de las presiones plantares en posición dinámica y estática. La baropodometría nos da información acerca de las cargas que soporta el pie en diferentes zonas. Dependiendo de la cantidad y calidad de sensores que tenga la plataforma baropodométrica, podremos afinar más en cuanto a la localización de sobrecargas. Además, nos permite medir la velocidad del paso en cada una de sus fases y realizar estudios posturales.

Al realizar el estudio biomecánico observamos un pie con mucho movimiento de supinación, es decir con mucho apoyo en la parte externa del pie. Este tipo de pie se caracteriza por tener una bóveda plantar aumentada. Además, también se detecta un aumento de presión en la apófisis estiloides, el punto más prominente del pie en la parte externa. La presión en la zona está tan aumentada que incluso las palmillas del zapato se rompen.

Existen plantillas personalizadas para controlar la fase de varo aumentada que realiza el paciente, donde el talón va hacia dentro y se dirige también hacia dentro. Gracias al tratamiento el dolor en la zona lateral del pie desaparecerá debido a la corrección de los apoyos plantares.

Consejos de autocuidado

Se recomienda a aquellos deportistas afectados por esta lesión la realización de los siguientes ejercicios para aliviar los dolores ocasionados por la fascitis plantar:

- Masajear la planta de los pies con algún tipo de pomada antiinflamatoria.
- Rodar con el pie descalzo una botella con agua congelada contra el suelo.
- Realizar con frecuencia estiramientos del sistema aquileo-calcáneo-plantar, es decir, del gemelo, el tendón de Aquiles y la fascia plantar.

