PubliCE, (PubliCE) 2004

Monograph

Aspectos Biomecánicos del Rendimiento en el Fútbol

Pekka Luhtanen[1]

[1]*Senior Researcher, KIHU Research Institute for Olympic Sports.*

Palabras Clave: eficiencia mecánica, ahorro de energía, prevención de lesiones, entrenamiento del futbolista

INTRODUCCION

Las técnicas biomecánicas pueden ser utilizadas en cualquier deporte, y en el fútbol en particular, para definir las características de las destrezas, para mejorar el entendimiento acerca de la efectividad mecánica de su ejecución y para identificar los factores que subyacen al rendimiento exitoso. El conocimiento y entendimiento pueden ayudar a mejorar el aprendizaje y el rendimiento de estas destrezas

Existe un amplio rango de destrezas las cuales forma la base del rendimiento en el fútbol pero solo una ha sido objeto real de un análisis biomecánico detallado. La patada es sin dudas la destreza mas estudiada en el fútbol. Aunque existen diversas variantes de esta destreza debido a la velocidad del balón, a la posición del balón y a la naturaleza del intento de la patada, la variante que ha sido mas ampliamente reportada en la literatura es la patada en velocidad de un balón estático. En contraste, algunas destrezas tales como el lanzamiento en un saque de arco han recibido poca atención, mientas que una vasto rango de otras destrezas, por ejemplo pasa y recibir el balón, los takcles, los saltos, las carreras, los sprints, las partidas, las detenciones y los cambios de dirección; no han sido sujeto de un análisis biomecánico detallado alguno.

Existen también muchos factores que interactúan para afectar la respuesta del equipamiento utilizado en el fútbol. El balón, el calzado y las canilleras por si mismos tienen características mecánicas que están sujetas a variación, pero pueden ser razonablemente bien cuantificadas. La interacción entre el jugador y el equipamiento es también una fuente de variación, pero es difícil de cuantificar y hace que la eficacia del equipamiento sea más difícil de predecir. Aunque los fabricantes de equipamientos han realizado extensivas investigaciones, poca de esta información es de dominio público.

Las lesiones en el fútbol se incrementan debido a varios factores que se interrelacionan. Algunos de estos factores tienen que ver con los efectos del equipamiento y el ambiente y pueden ser aislados. El calzado deportivo en el fútbol tiene una función protectora pobre. El cuidadoso diseño del calzado puede tener mínima influencia sobre la severidad de las lesiones por inversión. La insuficiencia del calzado esta indicada por la necesidad y el éxito de métodos alternativos para proveer estabilidad a la articulación del tobillo. En comparación con el desarrollo en la tecnología del calzado para correr, el calzado para el fútbol ha tenido poca atención en lo que se refiere a la reducción del impacto o al control del pie. Las superficies artificiales producen diferentes tipos de lesiones que las superficies de césped. Al parecer, el tipo de superficie puede ser responsable del cambio en el perfil de las lesiones por medio del cambio en la naturaleza del juego. Este cambio requiere de un período de adaptación, y los jugadores tienen un mayor riesgo si cambian con frecuencia de una superficie a otra. La obtención de claras evidencias con respecto a las características del terreno de juego sobre las lesiones en el fútbol, es un asunto complicado debido a la interacción de una variedad de factores. La instrucción cuidadosa y el desarrollo de las destrezas en conjunto con la utilización de un equipamiento adecuado sería una buena combinación para los jugadores jóvenes.

Todo esto significa que el análisis biomecánico del fútbol debería enfocarse en diferentes aspectos del juego:

- Para proveer herramientas de diagnostico en la evaluación del rendimiento (destrezas y movimientos básicos) en el fútbol
- Para proveer herramientas de diagnóstico en la evaluación de las lesiones asociadas con las actividades del fútbol.
- Para proveer recomendaciones acerca del entrenamiento, la enseñanza y los métodos de entrenamiento para la mejora del rendimiento.
- Para hacer recomendaciones acerca de los factores relacionados al rendimiento y a la seguridad (relaciones entre jugadores, movimiento y ambiente)
- Para hacer recomendaciones para la prevención de lesiones en el fútbol y para evaluar los métodos terapéuticos utilizados en el tratamiento de las lesiones.
- Principio de las necesidades individuales ... (Sands and Alexander 1987)
- Principio de la consecuencia ... (Sherman and Sands 1996)

Es evidente que los entrenadores, los preparadores físicos, los fisioterapeutas y los médicos que están involucrados en el fútbol tienen su propio punto de vista con respecto a la importancia de estas cuestiones. Esta presentación se enfocará principalmente en las sugerencias relacionadas al mejor entendimiento y la mejora del rendimiento de los jugadores y equipos con métodos seguros.

DESTREZAS INDIVIDUALES EN EL FUTBOL

El propósito de esta parte es revisar desde un punto de vista biomecánico las destrezas individuales y los movimientos básicos de fútbol, discutir el desarrollo de las destrezas y los movimientos básicos en los jugadores y extraer conclusiones acerca de la metodología de enseñanza y entrenamiento de las destrezas individuales y los movimientos básicos.

Las destrezas individuales abarcan los gestos básicos para la posesión del balón, para mantener el balón bajo control en situaciones difíciles y su utilización para sacar ventaja. Una buena destreza técnica adaptada a cualquier situación particular le permite al jugador evitar la pérdida frecuente del balón y el gasto consecuente de energía para su recuperación. La destreza individual no es un elemento singular que pueda ser explicado en términos conclusivos; de hecho, esta en desarrollo constante (Figura 1).



***Figura 1**. Diferentes factores que influencian las destrezas individuales en el fútbol.*

No existe una sola forma de destreza individual que se universalmente válida para todos. Sin embargo, existen unas cuantas reglas básicas que los entrenadores deberían seguir. Lo importante es que el entrenador perciba las cualidades técnicas individuales de cada jugador y las vías por las cuales estas destrezas podrían ser desarrolladas. Los jugadores jóvenes técnicamente mas dotados son capaces de aprender mas destrezas y mas rápidamente que los jugadores ordinarios. El entrenador debe asegurarse de que en la sesión de entrenamiento se trabajen todas las facultades de sus jugadores, tales como velocidad y fuerza o velocidad y agilidad. Los efectos fisiológicos del entrenamiento están ligados para complementarse unos con otros y de ninguna manera deben cancelarse unos a otros. Además, las destrezas individuales dependen de las habilidades perceptuales y tal vez intelectuales de los jugadores. La motivación en el entrenamiento de las destrezas individuales depende de cuan complejo o simple y cuan real o artificial es el entrenamiento.

Control de Movimientos de Habilidad

Lo movimientos en el fútbol son monitoreados internamente por los jugadores. Los órganos sensitivos dentro de los músculos, articulaciones y tendones proveen de información acerca de sus movimientos al sistema de procesamiento central . Estos es llamado comúnmente sentido muscular o sentido cinestésico. A medida que se realizan los movimientos, la información enviada al sistema de procesamiento central es utilizada para monitorear los movimientos y evaluar las posibles modificaciones a realizar. A la vez que ocurre esto, se utilizará otra información proveniente de fuentes externas para monitorear el proceso.

En los partidos y en las prácticas los jugadores toman decisiones en relación a su objetivo global, asistido por estímulos perceptuales provenientes de varias fuentes. De acuerdo con sus experiencias anteriores estos estímulos pueden o no tener significado alguno. También se produce un proceso de selección de manera que toda la información irrelevante es desechada. El jugador recepta solamente los estímulos perceptivos importantes los cuales provienen de su vecindad inmediata. Todos los elementos perceptuales que pueden proveer información para su decisión acerca de patear el balón o no, o en que dirección, etc., serán aceptados como información significativa. La información relevante, es entonces procesada en el sistema nervioso central.

Todas las destrezas en el fútbol incluyen todos los dominios, los cuales son dependientes del sistema de control. Para aprender las destrezas, son importantes las acciones de los bucles de retroalimentación externa e interna. En el bucle interno 1) las terminaciones nerviosas en la piel le dicen al jugador acerca del contacto con el balón, 2) los receptores cinestésicos en las articulaciones controlan el ángulos articular, 3) los husos musculares informan acerca de los cambios en la longitud del músculo y 4) los aparatos tendinosos de golgi informan de los cambios de tensión en el tendón. La calidad de este mecanismo es obviamente hereditaria. En el sistema de retroalimentación externa los sistemas visual y auditivo desempeñan los roles mas importantes.

DESTREZAS INDIVIDUALES Y MOVIMIENTOS BASICOS EN EL FUTBOL

El análisis de las destrezas totales y los movimientos básicos de los jugadores fútbol han recibido poca atención. El permanente registro por medio de filmaciones ha facilitado el análisis mas detallado de las destrezas totales del fútbol en lo que respecta al análisis de las destrezas individuales, la locomoción y el comportamiento táctico de los jugadores durante partidos, entrenamientos y estudios. De esta manera, se ha hecho posible obtener información acerca de las frecuencias con las que se llevan a cabo las destrezas o gestos técnicos (contactos con el balón, dribblings, quites, saltos, giros, etc.) las distancias y tiempos de trabajo de alta intensidad (alargues y sprints, con y sin el balón) y los tiempos de duración de los períodos de trabajo de baja intensidad (caminar, trotes hacia delante, atrás y laterales, etc.). Uno de los estudios referidos a los movimientos básicos de veinte jugadores profesionales de fútbol ha demostrado que la distancia promedio cubierta durante un partido es de aproximadamente 8.6km y se está incrementando a 14km (Ej.., Reilly & Thomas 1976, Bangsbo 1994). La distribución de las diferentes tasas de trabajo en metros es la siguiente:

Caminar 3026mts, trote 5140mts, alargues 1506mts, sprints 666mts, hacia atrás 875mts, laterales 218mts, con el balón 218mts (Withers et al 1982).

La Tabla 1 muestra un resumen del trabajo realizado por un jugador de elite, la tabla muestra separadamente el trabajo durante los partidos y durante las sesiones de entrenamiento con su equipo (las sesiones individuales no han sido tenidas en cuenta en este resumen). Existen un número limitado de análisis de entrenamientos disponibles en la literatura. Por lo

tanto el contenido promedio de una sesión de entrenamiento ha sido estimado de acuerdo con la opinión del autor. La diferencia básica entre el partido y el entrenamiento es que la sesión de entrenamiento incluye mayor porcentaje de juegos a espacio reducido de alta intensidad. Esto significa mayores contactos con el balón y menores caminatas durante el entrenamiento. En la Tabla 1 se ha asumido que el número de partidos para una temporada es de 60 y el número de entrenamientos es de 220, lo que significa 5 prácticas durante 44 semanas en el año. De acuerdo con esta evaluación la distancia total recorrida por un jugador durante una temporada es mayor a 3000km incluyendo en total mas de 2.4 millones de pasos al año. A partir de los resultados se puede concluir cuan importante y relevante es el juego, la superficie de entrenamiento y el calzado para los jugadores.

	Tasa de trabajo en los partidos		**Tasa de trabajo en los entrenamientos**		**Tasa total de trabajo**	
	Un juego	**La temporada**	**Una sesión**	**La temporada**	**Total de la temporada**	**Pasos aprox.**
Movimiento	**Distancia (km)**	**Distancia (km)**	**Distancia (km)**	**Distancia (km)**	**Distancia (km)**	**Número**
Caminar	3	180	2	440	620	890000
Trote	5	300	4	880	1180	980000
Alargues	1.5	90	3	660	750	420000
Sprints	0.7	42	1.5	330	372	190000
Otros	1	60	1.5	330	390	400000
Total	11.2	672	12	2640	3312	3000000
Con el balón	0.2	12	0.4	88	100	

***Tabla 1**. Una evaluación de la tasa de trabajo en condiciones de juego y entrenamiento durante una temporada.*

Los jugadores realizan un promedio de 96 sprints en un rango de 1.5 a 105 metros. El tiempo promedio para el trabajo de baja intensidad fue de 51.6 segundos y para el trabajo de alta intensidad fue de 3.7 segundos. Los partidos incluyeron quites (51.4), giros (49.9) y saltos (9.4) (Withers et al 1982). El número de rendimientos máximos y de ejecuciones en promedio es bajo, para un jugador durante todo el partido.

En un partido de alto nivel se ejecutan unas 900-1000 acciones con el balón, 350 pases con un toque, 150 con dos toques y el resto con mas de varios toque y luego de driblear con el balón. Los equipos exitosos de elite necesitan en promedio 16-30 ataques y 7-10 tiros al arco. Los ataques que producen un gol toman menos de 25 segundos. En estos ataques toman parte dos a seis jugadores y se necesitan de uno a seis pases para anotar un gol. La distancia cubierta y el tipo de movimiento que realizan los jugadores en el fútbol depende de las posiciones y de su rol en el juego (Luthanen 1994).

La Tabla 2 muestra un resumen de las acciones (técnicas y físicas) de un jugador de elite, aquí nuevamente se muestran separadamente las acciones realizadas durante los partidos y durante los entrenamientos (los entrenamientos individuales no han sido tenidos en cuenta en este resumen). Para este caso también hay un número limitado de análisis de entrenamientos disponibles en la literatura. Por lo tanto el contenido de la sesión promedio ha sido estimado de acuerdo con la opinión del autor. La diferencia básica entre un partido y un entrenamiento es que la sesión de entrenamiento incluye un mayor porcentaje de juegos en espacio reducido de alta intensidad con un mayor número de contactos con el balón, pases y corridas con el balón, arranques, giros, saltos y quites. En la Tabla 2 también se asumió que el número de partidos durante una sesión de 60 y el número de sesiones de entrenamiento es de 220 lo que significa 5 prácticas por semana, 44 semanas al año.

	Acciones Durante los Partidos		Acciones durante los entrenamientos		Acciones totales, aprox.
	Un partido	La temporada	Una sesión	La temporada	Total temporada
Tipo de Acción	**Partido (n)**	**Temporada (n)**	**Entrenamiento (n)**	**Temporada (n)**	**Total (n)**
Pases	35	2100	100	22000	24000
Corridas con el balón	7	420	50	11000	11000
Cabezazos	6	360	15	3300	3700
Tiros al arco	1	60	10	2200	2300
Quites	7	420	15	3300	3700
Saltos	9	540	15	3300	3900
Giros	7	420	30	6600	7000

Tabla 2. *Una evaluación de las acciones técnicas realizadas en condiciones de juego y de entrenamiento durante una temporada.*

Las tablas 1 y 2 indican claramente cuan grande es el volumen y la carga total de los jugadores durante una temporada. Se ha mencionado anteriormente que durante el proceso de aprendizaje de las destrezas, las acciones externas e internas de los bucles de retroalimentación son importantes. En el bucle interno las terminaciones nerviosas le informan al jugador acerca del contacto con el balón, los receptores cinestésicos en las articulaciones controlan el ángulo articular, los husos musculares informan acerca de los cambios en la longitud del músculo y los aparatos tendinosos de Golgi informan acerca de los cambios en la tensión en los tendones. Estos mecanismos trabajan a la máxima intensidad cuando el jugador están en contacto con el balón en los pases, en las corridas con el balón, en los tiros al arco, etc. Se ha hallado que el tiempo de contacto del pie con el balón es en promedio de 10ms. Si un jugador ha pasado o tirado al arco alrededor de 35000 veces al año, entonces es tiempo total para el aprendizaje de la destreza desde el punto de vista del funcionamiento neuromuscular es solo 35000 x 0.01s = 350s = 5min 50s. Esto significa que el rol del entrenamiento de las destrezas individuales debe ser altamente apreciado.

DESTREZAS DE ALTO NIVEL EN EL FUTBOL

Generalmente y prácticamente hablando, el contenido de las destrezas podría ser definido como el producto de cuatro diferentes elementos biomecánicos, como sigue:

Destreza = fuerza x velocidad x precisión x propósito

En los movimientos de habilidad así como también al patear y saltar lo anterior significa que las cuatro variables biomecánicas coexisten al mismo tiempo en una combinación exacta.

En general, la fuerza es la suma de varias fuerza producidas por fuerzas internas (fuerza muscular) y externas (fuerzas de reacción, de impacto, de resistencia al aire, etc.).

En el cuerpo humano, la velocidad de las partes corporales distales (pies, manos, cabeza) es producida a través de un sistema de palancas en las articulaciones. La velocidad linear de las partes corporales distales depende de la longitud y de la velocidad angular de las respectivas palancas (la pantorrilla, el muslo, etc.). Las velocidades angulares relativas para cada parte del cuerpo se producirán a través del respectivo grupo muscular (extensores de la rodilla, dorsi flexores, etc.). Precisión significa un cierto espacio que puede ser dependiente del tiempo debido al movimiento de los jugadores en el campo.

Propósito, significa el producto final de una ejecución relevante para la situación de juego.

La mayoría de las acciones y maniobras en las distintas situaciones de juego son ejecutadas con fuerza y velocidad submáxima pero con una alta precisión y con un propósito. Pocas maniobras son ejecutadas con fuerza y velocidades máximas. La mayoría de las acciones exitosas en el juego se observan cuando el propósito de una acción es único y la precisión, velocidad y utilización de la fuerza son máximos. Los principios de precisión, velocidad y fuerza asociados con el rendimiento se explican en la Tabla 3.

Objetivo	Principio
Producción de precisión	Base estable de apoyo Apoyo estable del cuerpo Utilización activa de los segmentos distales (pie, cabeza) asociados con los segmentos proximales (tibia, tronco). Consistencia en el patrón de movimiento (pase, cabeceo). Gran superficie de contacto con el balón, si es posible
Producción de velocidad	Generación sucesiva de cada vínculo de velocidad desde uno proximal a uno lateral. Pequeños radios iniciales en cada vínculo de la cadena. Todos los músculos participantes comienzan la contracción en la longitud máxima incluyendo las contracciones musculares concéntricas y excéntricas.
Producción de fuerza	Utilización sucesiva de los segmentos corporales desde el inicio del movimiento a través de la fase de acción. La suma de las fuerzas musculares se transfiere desde los grupos musculares grandes a los grupos musculares pequeños a través de la fase de acción. Base estable de apoyo: ancha y baja Aplicación de las fuerzas generadas en la dirección deseada

Tabla 3. *Objetivos y principios de los movimientos asociados con el rendimiento.*

APENDICE

- Aceleración: cambio en la velocidad por unidad de tiempo
- Base de Apoyo: la región limitada por las partes del cuerpo en contacto con una superficie resistiva que ejerce una fuerza de reacción contra el cuerpo
- Biomecánica: área de estudio donde el conocimiento y los métodos de la mecánica son aplicados a la estructura y función del sistema humano viviente
- Brazo de Fuerza: la distancia perpendicular entre la línea de acción de la fuerza y el eje de rotación
- Centro de Gravedad: el punto por el cual toda la masa del cuerpo parece estar concentrada; punto de equilibrio de un cuerpo, punto en el cual la suma de todos los torques de los vectores peso es igual a cero. El punto de aplicación de la fuerza de gravedad sobre la masa; el centro de masa.
- Cinemática: Área de estudio referida a los factores de tiempo y espacio en el movimiento de un sistema
- Cinestesia: la percepción de un segmento y de las posiciones y movimientos del cuerpo
- Cinética: Área de estudio que se refiere a las fuerza que actúan sobre un sistema
- Coacción: Una restricción al rendimiento del patrón libre del rendimiento del humano; un factor limitante.
- Coeficiente de Rozamiento: cociente entre la magnitud de la fuerza máxima de rozamiento y la magnitud de la fuerza perpendicular que presiona las dos superficies entre si.
- Curvilíneo: Se refiere a un movimiento en una línea curva
- Densidad: Masa por unidad de volumen de un objeto o cuerpo
- Desaceleración: Reducción en la velocidad por unidad de tiempo
- Desplazamiento: Cambio en la ubicación del cuerpo en el espacio en una dirección dada
- Destreza Abierta: una destreza realizada en respuesta a un ambiente cambiante poco predecible
- Destreza Continua: una destreza en la cual se realiza el mismo patrón de rendimiento de forma repetida como ciclos de un acto total
- Destreza: Patrón general de movimiento que ha sido adaptado a las limitaciones de una actividad particular o deporte
- Dinámica: Estudio de los factores asociados con los sistemas de movimiento
- Distal: Se refiere al final de un segmento, hueso o inserción muscular que esta mas allá del eje del esqueleto.
- Eje de Rotación: la línea imaginaria o punto alrededor del cual un cuerpo o segmento rota
- Eje Longitudinal: línea imaginaria que corre a lo largo de la longitud de un cuerpo o segmento

- Elástica: propiedad de un cuerpo que causa que vuelva a la forma original luego de deformarse
- Energía Cinética: habilidad de un cuerpo de producir trabajo en virtud de su movimiento
- Energía Potencial: la habilidad de un cuerpo de producir trabajo en virtud de su posición por encima de otro objeto (energía potencial gravitacional) o en virtud de su deformación (energía potencial elástica)
- Equilibrio Dinámico: Estado de movimiento de un cuerpo con una velocidad y dirección constante (con cero aceleración)
- Equilibrio: El estado de un sistema cuyo movimiento no esta siendo cambiado, acelerado o desacelerado
- Espacial: hace referencia a un conjunto de planos y ejes definidos en relación a un espacio tridimensional
- Estática: Estudio de los factores asociados con sistemas que no están en movimiento
- Externo: fuera de un sistema de fuerza definido. Que causa o tiene a causar un cambio en el movimiento o en la forma de un cuerpo.
- Fricción Estática: fuerza de fricción generada entre dos objetos que tienden a deslizarse pasando uno sobre otro, cuando no se está produciendo movimiento
- Fricción: la fuerza que resiste al deslizamiento de una superficie sobre la otra
- Fuerza Centrífuga: fuerza dirigida radialmente hacia fuera que es ejercida por un cuerpo en rotación sobre una estructura o masas que ejerce una fuerza dirigida hacia el centro (centrípeta)
- Fuerza Centrípeta: fuerza dirigida radialmente hacia el centro de rotación y que es ejercida por una masa que rota y que causa que el cuerpo se mueva en forma circular
- Fuerza de Reacción: una fuerza igual y opuesta ejercida por un segundo cuerpo sobre el primero en respuesta a una fuerza aplicada por el primero sobre el segundo
- Fuerza Normal: Fuerza dirigida en forma perpendicular a la superficie
- Fuerza: Habilidad de un músculo o grupo muscular para ejercer tensión contra una resistencia
- Impulso: Producto de la magnitud de una fuerza o torque y su tiempo de aplicación
- Inercia: resistencia de un cuerpo a cambiar su estado de movimiento
- Interno: dentro de un sistema definido
- Lateral: Se refiere a un lado alejado de la línea media longitudinal del cuerpo o segmento corporal
- Masa: medición de la inercia de un cuerpo, la cantidad de materia en el cuerpo
- Medial: Se refiere al lado cercano a la línea media longitudinal de un cuerpo o segmento
- Momento: resistencia de un sistema a cambiar su estado de movimiento (inercia), multiplicado por su velocidad
- Momento Angular: producto de la inercia de la rotación del cuerpo y la velocidad angular
- Momento de Inercia: resistencia de un cuerpo a la aceleración angular
- Momento Linear: propiedad de un cuerpo en movimiento, producto de la masa de un cuerpo y su velocidad
- Momento: una fuerza giratoria o rotatoria; producto de una fuerza y la distancia perpendicular desde la línea de acción de la fuerza al eje de rotación.
- Movilidad: facilidad con la cual una articulación o una serie de articulaciones, se mueven después de ser restringidas por las estructuras que las rodean.
- Movimiento de Rotación: movimiento que describe un línea circular alrededor de un eje
- Movimiento Lineal: movimiento a lo largo de una línea recta o curva
- Patrón de Movimiento: una serie general de movimientos anatómicos que tienen elementos comunes de configuración espacial tal como los movimientos de segmentos que ocurren en el mismo plano de movimiento.
- Peso: Atracción de la fuerza gravitacional de la tierra sobre la masa de un cuerpo
- Potencia: el producto de una fuerza aplicada y la velocidad con la cual es aplicada; la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo
- Principio del Vinculo Cinético: la generación de una alta velocidad final se completa a través de la aceleración y desaceleración de las articulaciones adyacentes, por la utilización de los torques musculares internos y externos, aplicados a los segmentos en forma secuencial desde la parte proximal a la distal, desde lo mas masivo a lo menos masivo y desde los mas fijo a lo mas libre.
- Propioceptores: receptores sensibles ubicados en y alrededor de las articulaciones y músculos que responden a los cambios en la posición, longitud, tensión y aceleración de los tejidos huéspedes.
- Proximal: se refiere al final de un segmento, hueso o inserción muscular que esta cercana al eje del esqueleto.
- Radio de Gravitación: medición de la distribución de la masa de un cuerpo o segmento alrededor de un eje de rotación.
- Radio de Rotación: distancia linear desde un eje hasta un punto de un cuerpo rotante
- Rango de Movimiento: la cantidad total de desplazamiento angular a través del cual dos segmentos adyacentes pueden moverse.
- Rapidez: la magnitud del desplazamiento de un cuerpo por unidad de tiempo sin considerar la dirección
- Rectilíneo: hace referencia a un movimiento que se produce a lo largo de una línea recta
- Sagital: hace referencia al plano que divide a un cuerpo o segmento en las porciones derecha e izquierda
- Sistema Palancas: mecanismo para realizar trabajo, consiste de un cuerpo con un eje de rotación y fuerzas aplicadas excéntricamente

- Sistema: Cuerpo o grupo de cuerpos cuyo estado de movimiento está siendo examinado
- Técnica: un tipo particular o variación del rendimiento de la misma destreza
- Tensión Concéntrica: contracción de un músculo durante la cual el músculo se acorta y provoca el movimiento en uno o mas de los segmentos a los cuales está insertado.
- Tensión Excéntrica: La contracción de un músculo durante la cual la longitud del músculo se incremente y resiste el movimiento del segmento.
- Tensión Isométrica: contracción muscular durante la cual no se produce un movimiento de los segmentos
- Torque: fuerza rotatoria o giratoria; el producto de la fuerza y la distancia perpendicular desde la línea de acción de la fuerza al eje de rotación
- Trabajo: la fuerza aplicada a un cuerpo multiplicado por la distancia a través de la cual la fuerza es aplicada.
- Trayectoria: la vía aérea seguida por un proyectil
- Velocidad Angular: velocidad de rotación del cuerpo
- Velocidad: rapidez y dirección de un cuerpo

REFERENCIAS

1. Armstrong, C.W., Levendusky, T.A. Spryropoulous, P. & Kugler, R (1988). Influence of inflation pressure and ball wetness on the impact characteristics of two types of soccer balls. *Science and Football, eds. Reilly T., Lees A., Davies K. & Murphy W.J. pp. 394-398, E. & F. N. Spon, London*
2. Asami, T. & Nolte, V (1983). Analysis of powerful ball kicking. *Biomechanics VIII - B, M. Matsui & K. Kobayashi (eds.), pp. 695-699. Human Kinetics Publishers, Champaign*
3. Baker, S.W (1989). A standardized sole for evaluating the traction and sliding resistance properties of artificial turf. *sliding resistance properties of artificial turf. J. of Sport Turf Research Institute, 65, 158-170*
4. Bangsbo, J (1987). Fitness training in football- A scientific approach. *The accuracy and muscle monitoring in soccer kicking. In: Bio X-Jonsson (ed.), pp. 283-288. Human Kin. Publ. Champaign*
5. Bosco C (1989). Aspetti fisiologici della preparazione fisica del calciatore. *Societa Stampa Sportiva, Roma, Italy*
6. Bowers, K.D. & Martin, R.B (1975). Cleat-surface friction on new and old Astroturf. *Medicine and Science in Sport. 7, 132-135*
7. Canaway, P.M. & Bell, M.J (1986). Technical note: an apparatus measuring traction and friction on natural and artificial playing surfaces. *Journal of the Sport Research Institute, 62, 211-214*
8. Cavanagh, P.R (1990). Biomechanics of distance running. *Human Kinetics, Champaign, Illinois*
9. De Proft, E., Clarys, J.P., Bollens, E., & Dufour, W (1988). Muscle activity in the soccer kick. *In: Science and football, T. Reilly, A. Lees,, K. Davids, & W.J. Murphy, eds., pp.434-440. E. & F.N. Spon, London*
10. Dunn, E., & Putnam, C. A (1988). The influence of the lower leg motion on thigh deceleration in kicking. *In: Biomechanics XI-B: International Congress of Biomechanics Proceedings, G. de Groot, A. P*
11. Isokawa, M., & Lees, A (1988). A biomechanical analysis of the instep kick motion in soccer. *In: Science and football, T. Reilly, A. Lees, K. Davids, & W.J. Murphy, eds., pp. 449-455, E. & F.N. Spon, London*
12. Isokawa, M., & Lees, A (1988). A biomechanical analysis of the instep kick motion in soccer. *In: Science and football, T. Reilly, A. Lees, K. Davids, & W.J. Murphy, eds., pp. 449-455, E. & F.N. Spon, London*
13. Faina M., Galozzi C., Lupo S., Colli R., Sassi R. & Marini C (1988). Definition of the physiological profile of the soccer player. *In: Science and Football,. Reilly T., Lees A., Davies K. & Murphy W.J., eds., pp. 158-163, E. & F. N. Spon, London*
14. Huang, T. C., Roberts, E. M., & Youm, Y (1982). The biomechanics of kicking. *In D. N. Ghista (ed.) Human Body Dynamics, pp. 409-443. Oxford University Press, New York*
15. Kolitzus, H.J (1984). Functional standards for playing surfaces. *port shoes and playing surfaces, ed. Frederick, E. Human Kinetics, Champaign, Illinois*
16. Lees, A (1993). The biomechanics of football. *In: Science and Football, eds. T. Reilly, J. Clarys & O. Stibbe, pp. 327-334, E. & F.N. Spon, London*
17. Lees, A. & Cooper, S (1995). The shock attenuation characteristics of soccer shinguards. *In: Sport, Leisure and Ergonomics, eds. G. Atkinson & T. Reilly, pp. 130-135, E. & F.N. Spon, London*
18. Lees, A. & Jones, H (1994). The effect of shoe type and surface type on peak shank deceleration. *Journal of Sport Sciences, 12, 173*
19. Lees, A. & Kewley, P (1993). The demands on the boot. *In: Science and Football, eds. T. Reilly, J. Clarys & O. Stibbe, pp. 335-340, E. & F.N. Spon, London*
20. Levendusky, T. A., Clinger, C. D., Miller, R. E., & Armstrong, C. W (1985). Soccer throw-in kinematics. *In: Biomechanics in Sports II, eds. J. Terauds & J. Barham, pp. 258-269. Academic Publishers, Del Mar*
21. Levendusky, T.A., Armstrong, C.W., Eck, J.S., Spyropoulous, P., Jeziorowski, J. & Kugler, L (1988). Impact characteristics of two types of soccer balls. *In T. Reilly, A. Lees, K. Davids, & W.J. Murphy, eds., Science and football, pp.385-393. E. & F.N. Spon, London*
22. Luhtanen P. & Komi P.V (1978). Segmental contribution to forces in vertical jump. *European Journal of Applied Physiology, 38, 181-188*
23. Luhtanen, P (1984). Development of biomechanical model of in-step kicking in football players (Finnish). *Report of the Finnish F.A. 1/1984. Helsinki, Finland*

24. Luhtanen, P (1988). Kinematics and kinetics of maximal instep kicking in soccer. *In: Science and football, eds, T. Reilly, A. Lees, K. Davids, & W.J. Murphy, pp.441-448. E. & F.N. Spon, London*
25. Luhtanen, P. Vilkki, J. & Kauppinen, R (1993). Aerodynamics of soccer balls and volleyballs. *In: Biomechanics in Sports XI, eds. J. Hamill, T.R. Derrick, E.H. Elliot, pp. 205-209, Amherst, University of Massachusetts, Massachusetts*
26. Luhtanen, P (1994). Biomechanical aspects. *In: Football (Soccer) Handbook of Sports Medicine and Science, ed. B. Ekblom. Blackwell Scientific Publications, London*
27. Nigg, B.M. & Yeadon, M.R (1987). Biomechanical aspects of playing surfaces. *Journal of Sport Sciences, 5, 117-145*
28. Opavsky, P (1988). An investigation of linear and angular kinematics of the leg during two types of soccer kick. *In: Science and football, T. Reilly, A. Lees, K. Davids, & W.J. Murphy, eds., pp. 456-459. E. & F. N. Spon, London*
29. Reilly, T. & Thomas, T (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies 2, 87-97*
30. Robertson, D. G. E., & Mosher, R. E (1985). Work and power of the leg muscles in soccer kicking. *In: Biomechanics IX-B, D. A. Winter, ed., pp. 533-538. Human Kinetics Publishers, Champaign*
31. Rodano, R., Cova, P & Vigano, R (1988). Design of a football boot: a theoretical and experimental approach. *In: Science and football, T. Reilly, A. Lees, K. Davids, & W.J. Murphy, eds., pp.416-425. E. & F.N. Spon, London*
32. Segesser, B. & Pforringer, W (1989). The shoe in sport. *Wolf Publishing, London*
33. Valiant, G.A (1988). ground reaction forces developed on artificial turf. In: Science and football, T. *Reilly, A. Lees, K. Davids, & W.J. Murphy, eds., pp.406-415. E. & F.N. Spon, London*
34. White, J.E., Emery T.M., Kane J.E., Groves R. & Risman A.B (1988). Pre-seasons fitness profiles of professional soccer players. *n: Science and Football, Reilly T., Lees A., Davies K. & Murphy W.J., eds., pp. 172-174, E. & F. N. Spon, London*
35. Winterbottom, W (1985). Artificial grass surfaces for association football - Report and recommendations. *The Sport Council, London*
36. Withers, R.T., Maricic, Z., Wasilewski, S. & Kelly, L (1982). Match analysis of Australian soccer players. *Journal of Human Movement Studies 8, 159-176*
37. Zernicke, R. F., & Roberts, E (1978). Lower extremity forces and torques during systematic variation of non-weight bearing motion. *Medicine and Science in Sports, 10(1), 21-26*