PubliCE, (PubliCE) 1995

Monograph

La Fuerza Muscular del Futbolista. Demanda y Respuesta sobre la Fuerza en el Jugador de Fútbol

Piero Mognoni[1] y Mario D Sirtori[1]

[1]*Instituto de Tecnología Biomédica Avanzada del Centro Nacional de Investigación, Milán, Italia.*

RESUMEN

Palabras Clave: potencia muscular, deporte de conjunto, resistencia intermitente, velocidad de reacción

Entre los requisitos fisiológicos para practicar el deporte del fútbol, está presente la fuerza; es decir, la posesión de una musculatura de las piernas bien desarrollada, apta para la producción de una alta potencia explosiva y capaz de esfuerzos cortos y muy intensos, utilizando mecanismos energéticos de tipo anaeróbicos. En primer lugar, se necesita definir de qué tipo es la fuerza expresada por el futbolista, y en cual unidad de medida hay que considerarla. Se analizan los momentos de fuerza desarrollados por varios grupos musculares durante el remate del balón, y considerando un examen de la velocidad del balón en relación a la fuerza ejercitada por la pierna. Por lo tanto, se consideran los «tests» que miden el traslado en vuelo del centro de gravedad como índice de evaluación de la fuerza desarrollada por los músculos extensores de las piernas.

Luego se proponen las funciones extraídas de las relaciones de estos parámetros con la edad; ya sea en deportistas de equipos profesionales o aficionados. Se añaden en fin, medidas de fuerza de grupos musculares agonistas, antagonistas y contra laterales de la pierna, aun en relación al entrenamiento.

¿Cómo se puede definir la Fuerza?

Responder no es fácil. La Biomecánica se ocupa de seis tipos de fuerza llamadas fuerza inercial, fuerza-peso, fuerza de fricción entre sólidos; fuerza de fricción entre sólidos y fluidos; fuerza elástica y fuerza centrífuga/centrípeta. Cada una de estas fuerzas es definible matemáticamente:

- Fuerza inercial $F = m * a$
- Fuerza-peso $Fp = m * g$
- Fuerza de fricción entre sólidos $Fa = Fp * m$
- Fuerza de fricción entre sólidos y fluidos $Fr = 0,5 * Af * Cx * d * v^2$
- Fuerza elástica $Fe = E * D1$
- Fuerza centrífuga $Fc = m * v^2 * r^{-1}$

En algunos aspectos biomecánicos inherentes al juego del fútbol es necesario tomar en consideración una sola de estas fuerzas.

¿Qué elementos físicos tiene en común la palabra Fuerza?

Toda la fuerza tiene en común una idéntica unidad de medida y es convertible mediante elementos más bien simples.

¿Cuál es la unidad de medida de la Fuerza?

La unidad de medida de la fuerza es el Newton (N). Hay dos motivos para la elección de esta unidad de medida. El primero es de orden «sentimental». La humanidad entera debe honrar a Isaac Newton, que en 19 años de elaboración mental, inventó parte de la física y de la matemática.

La segunda, más importante, es que en alternativa al N, se usa el Kilogramo (Kg) que en realidad es la unidad de medida de la masa. Esto es un elemento de error y confusión cuando de medidas de fuerza se pasa a medidas de trabajo o de potencia.

¿Cómo se puede definir el Newton?

El N es la fuerza que aplicada a la masa de 1 kg aumenta su velocidad de l metro por segundo. La Velocidad de 1 m/ s, corresponde a 3,6 km/h. Naturalmente se puede afirmar también que 1 N imprime a la masa de 0,5 kg. la aceleración de 2 m/s^2 o que imprime a la masa de 2 kg la aceleración de 0,5 m/s^2. Hasta aquí podemos definir la fuerza acelerativa como el producto entre masa y aceleración. En reaidad la definición de la fuerza acelerativa no es otra cosa que el segundo principio de la dinámica.

¿Por que la fuerza que realiza un músculo o un grupo de músculos no se expresa en N, sino en Newton-metros (N * m)?

Para medir la fuerza se necesita que el sujeto que empuje con un segmento corpóreo; por ejemplo, la pierna contra una palanca que esta fija (Figura 1); o se mueve a una velocidad constante que viene programada por el operador. En este segundo ejemplo se habla de medida isokinética.

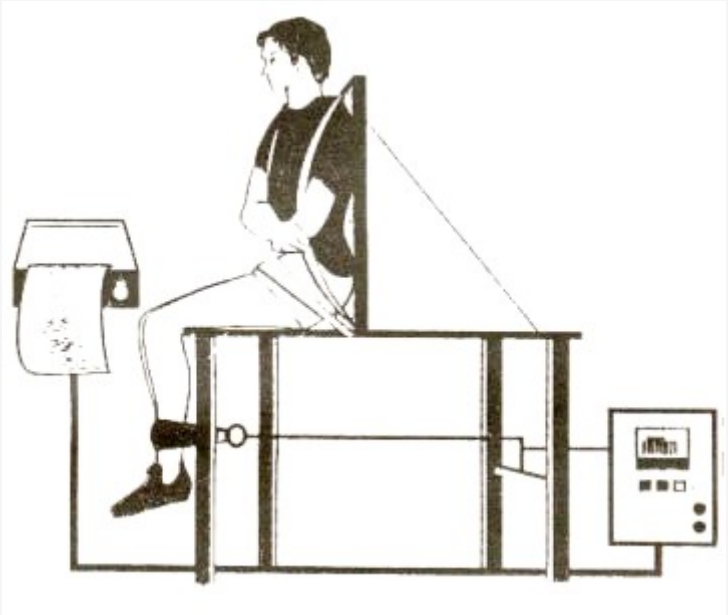


Figura 1. *Ergómetro para la medida de la máxima fuerza voluntaria ejercida de los músculos extensores de la pierna.*

Si el elemento de evaluación es conectado debajo de la rodilla, se nota que la fuerza es mayor, que cuando se lo coloca cerca del tobillo. Sin embargo, el producto entre la fuerza aplicada (F) y la distancia entre el centro de rotación y el punto de medida (b) es constante. Tal producto es llamado momento de fuerza o torque, y tiene por unidad de medida el N * m.

¿Es posible conocer la fuerza desarrollada por los miembros inferiores cuando se remata el balón?

Los músculos que se insertan en una articulación o varias, no son para provocar desplazamientos lineales entre dos segmentos corporales adyacentes, sino solo desplazamientos angulares del uno respecto del otro.

Además la aceleración angular no depende de la fuerza y de la masa; pero si del momento de fuerza o torque y de la masa

inercial. Imaginemos una ruleta, donde su movimiento puede dar una idea de estas dos grandezas físicas (Figura 2). En la Figura 2 se observa que en un movimiento angular, la aceleración angular (w) varía de acuerdo al punto de aplicación de la fuerza (F) y el centro de rotación (b).

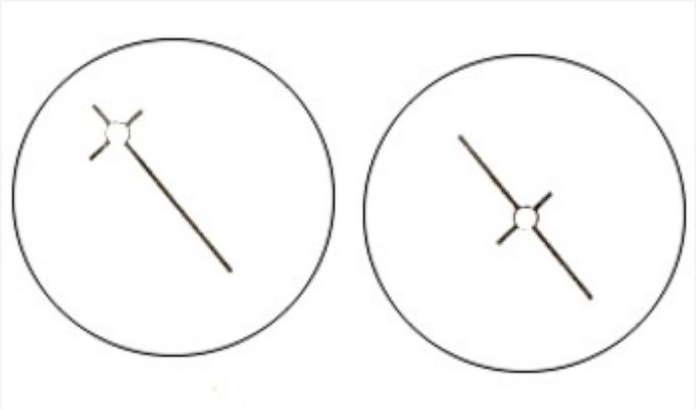


Figura 2. *En un movimiento angular, la modificación de la masa inercial del brazo de palanca causa una variación de la aceleración angular.*

En un movimiento angular, el segundo principio de la dinámica (F = m * a) puede ser enunciado así:

$$F * b = I * w$$

Donde F * b representa el momento de fuerza, I la masa inercial y w la aceleración angular. Con el empleo de la cinematografía rápida se puede describir el desarrollo temporal del ángulo entre el muslo y la vertical (Huang et al 1982). En la Figura 3 (panel A), el tiempo 0 corresponde al momento de máxima extensión del muslo, mientras el tiempo 0,3 s al momento del impacto. En el panel D, se nota que en la primera décima de segundo, el desplazamiento angular es inferior al de la segunda décima de segundo. La misma información se deduce del panel B, donde se observa el desarrollo temporal de la inclinación pendiente de la función observada en el panel A. Tal pendiente es la velocidad angular. En el panel B, se nota que la velocidad angular aumenta hasta una décima de segundo antes del momento del impacto y luego disminuye; en otras palabras, el muslo acelera inicialmente y después desacelera, luego del impacto. En el panel C, muestra el desarrollo temporal de la aceleración, que no es otra cosa que la pendiente de la función representada en el panel B.

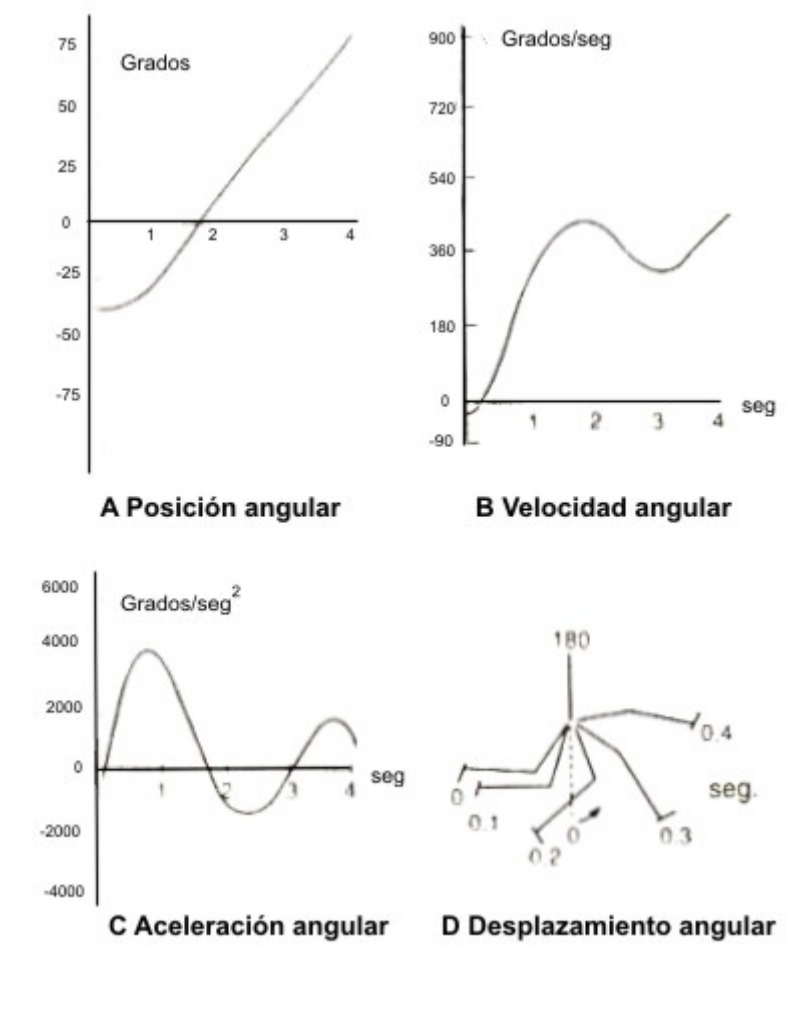


Figura 3. *El desplazamiento temporal del ángulo trazado por el muslo y el eje vertical durante un remate de balón.*

El impacto con el ba1ón se verifica después de un movimiento de la pierna, de arriba para abajo y de atrás hacia adelante.

La Figura 4 muestra en el panel central el desarrollo de la aceleración angular del muslo y de la pierna. Además el tiempo 0 de la figura anterior corresponde al momento en que la angulación del muslo, respecto al eje central, es mínima (cerca de 50°). El momento del impacto, en esta figura, se halla cerca de 0,3 s en el punto de máxima velocidad angular de la pierna. En cada caso, el pico de la aceleración angular positivo de la pierna es más del doble, respecto de aquel del muslo y se verifica en un tiempo sucesivo.

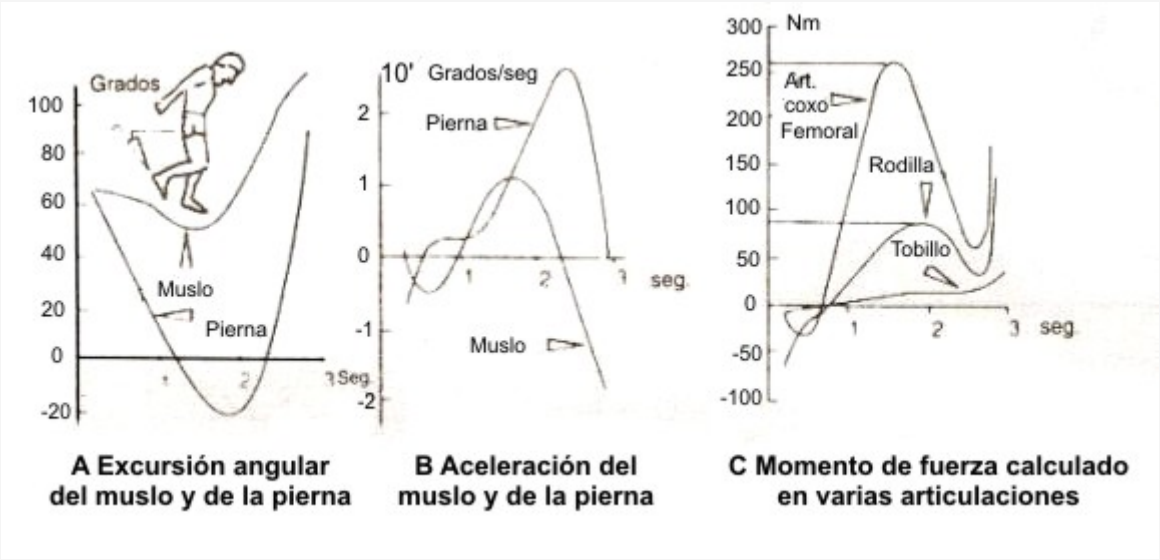


Figura 4. *Variación de la aceleración angular y del momento de fuerza del grupo muscular del tren inferior en el remate del balón.*

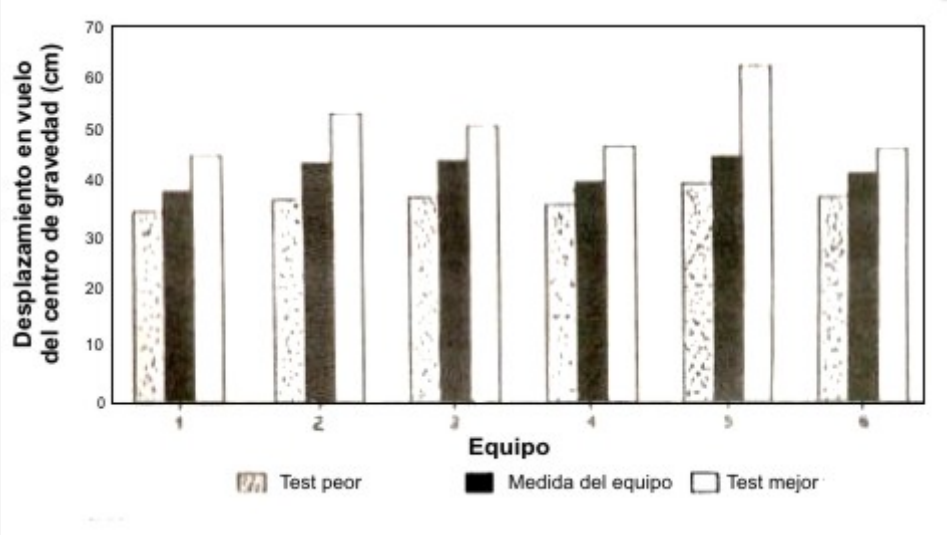


Figura 5. *Valores Obtenidos en el test en sentadillas en deportistas profesionales.*

Reconsiderando la aplicación al movimiento rotatorio del segundo principio de la dinámica, el momento de fuerza desarrollada por los músculos extensores de la pierna es mayor que la de los músculos flexores del cuadriceps, a causa de la mayor aceleración angular. El resultado aparece en el panel C.

¿De qué factores depende la velocidad impresa al balón durante un partido de fútbol?

Para responder es necesario introducir un nuevo elemento que es el producto entre fuerza y masa, y es llamada «cantidad de movimiento» (q = m * v). Para tal mensura sirve la ley de la conservación de (q) que afirma que en un sistema aislado, no sometido a fuerzas externas, la (q) total no varía. Se considera el sistema aislado, representado por el pie que se mueve hacia adelante y el balón firme sobre el terreno de juego. Inmediatamente del impacto, la (q) total está dada por el producto entre la velocidad del pie y la masa inercial del miembro inferior.

Inmediatamente después del impacto la (q) total es repartida sobre la masa del miembro inferior y sobre la masa de 0,454 kg del balón.

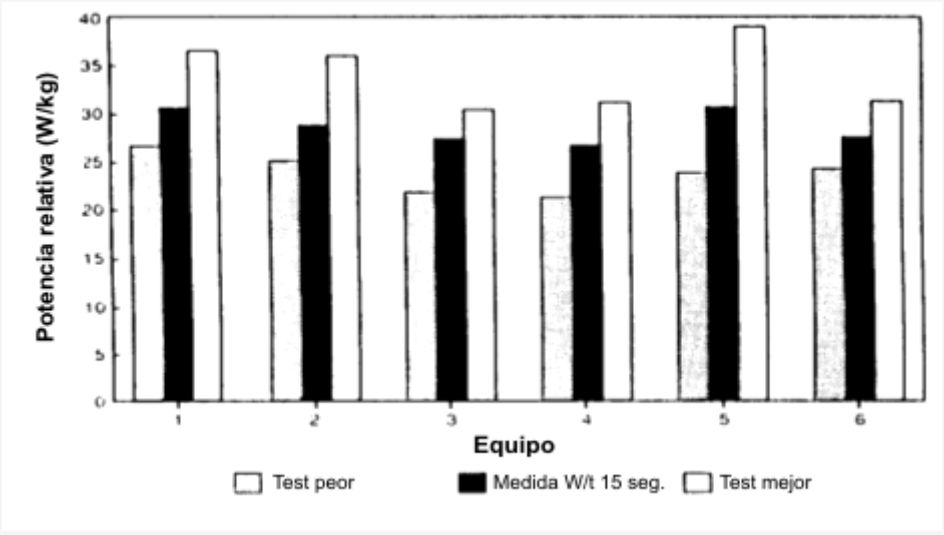


Figura 6. *Potencia media durante 15 segundos en saltos en alto en deportistas profesionales*

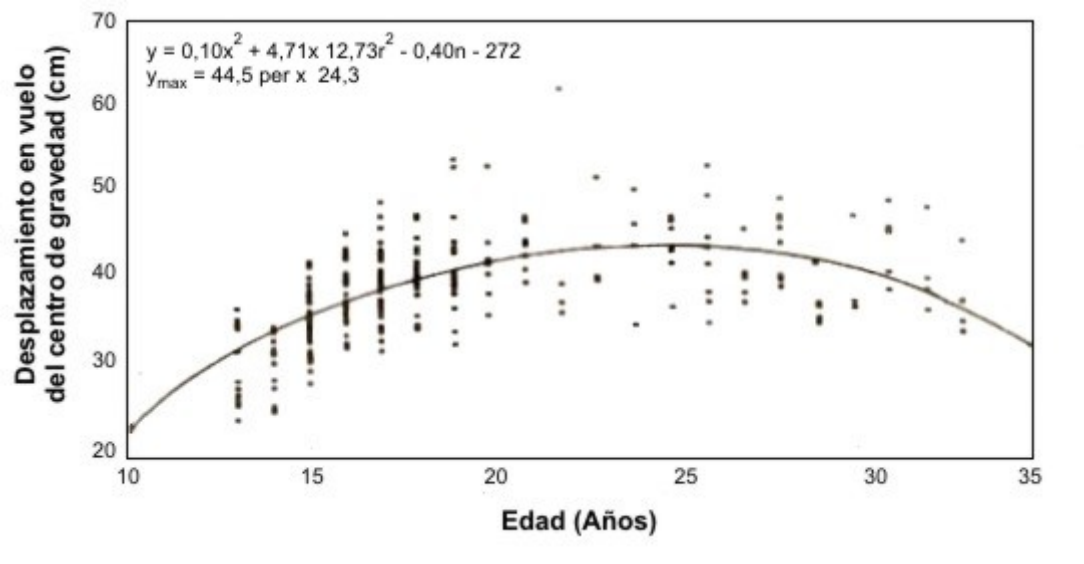


Figura 7. *Variación del desplazamiento en vuelo del centro de gravedad de un salto a partir de posición de sentadillas (flexión de rodilla en 90 grados) en relación a la edad*

Ya que la segunda masa es inferior a la primera, balón adquiere una velocidad que es superior cerca del 30 % respecto a la máxima velocidad del pie, inmediatamente al primer contacto. En definitiva, la velocidad inicial del balón depende del momento inercial del miembro inferior y de la velocidad lineal del pie que es la consecuencia de los momentos de fuerza generado por los músculos que actúan a nivel de la cadera, de la rodilla y del tobillo.

¿Es posible que la máxima velocidad del balón aumente en consecuencia del entrenamiento, en un grado que induce un aumento de la fuerza muscular?

En los estudios experimentales este problema no tiene una conclusión unánime. Los estudios más recientes (Trolle et al. 1993) muestran que provocando aumentos de torque del cuadriceps del orden del 20 %, se obtiene aumento de la velocidad máxima del balón del orden del 1-2 %, lo que no es significativo del punto de vista estadístico. Sin embargo, los autores sostienen que la fuerza sería mayor si se entrenara los músculos flexores del muslo.

Además la velocidad angular utilizada para el entrenamiento es mucho más baja que aquella medida durante las

contracciones que se verifican en el juego.

¿La evaluación de la fuerza muscular puede ser medida sobre el campo con métodos simples?

De acuerdo a algunos índices, fácilmente mensurables, la proporción de la fuerza está en relación del segmento empleado. Pero estos índices significan poco si no hay datos normativos. Existen datos normativos gracias a la labor del Prof. Roberto Sassi (datos no publicados), que con tenacidad recolectó datos normativos respecto del salto en alto, firme, simples o múltiples, en jugadores de todas las edades. La Figura 5 muestra los desplazamientos en vuelo del centro de gravedad durante salto en alto firme, partiendo de una flexión de rodilla de 90°. Cada columna oscura, representa el valor medio, mientras que las dos columnas claras adyacentes representan los valores extremos de cada equipo. Los primeros 4 equipos militan en serie A, mientras el quinto en serie B. Del análisis só1o están excluidos los arqueros. En la última columna se encuentra la comparación con los resultados de los esquiadores del equipo nacional de Slalom.

La figura 6 es similar a la precedente pero se refiere a la potencia media durante una serie de saltos en alto, de firme, de una duración de 15 segundos. Todas las mediciones fueron ejecutadas al inicio de a preparación.

No hay diferencias significativas entre los cinco equipos de fútbol considerados. Algunas diferencias individuales en un test pueden poner en sospecha que se este midiendo algo que tiene que ver con la prestación agonística. Por el contrario, puede no ser importante saber que el jugador puede hacer un test débil y mejorarlo en el campo. Con el desarrollo de la fuerza ascensional se puede consolidar un buen saltador.

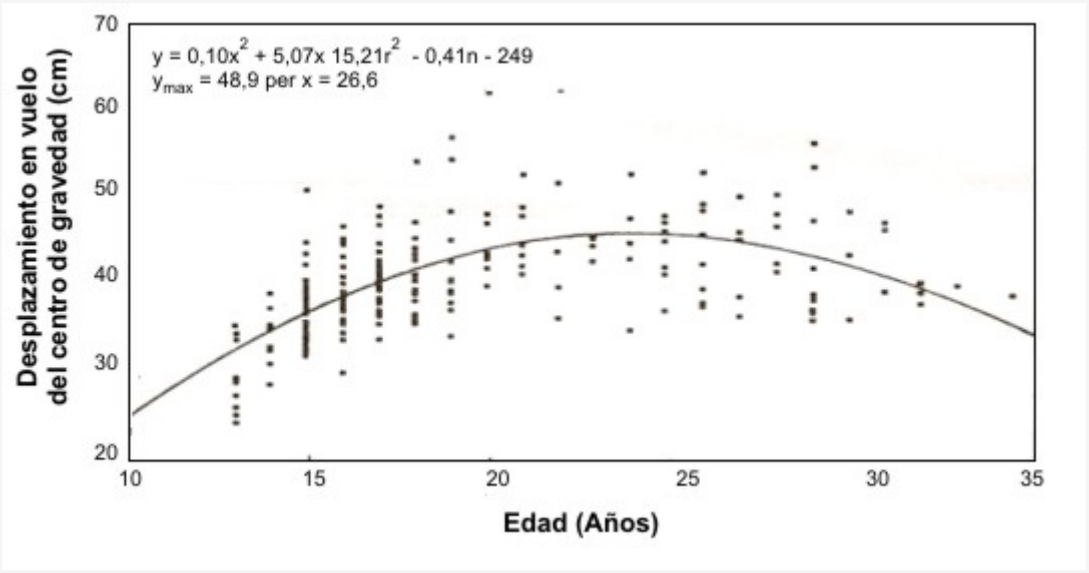


Figura 8. *La variación del desplazamiento del centro de gravedad durante un salto con contra movimientos y los brazos a los costados (Cmj), en relación a la edad*

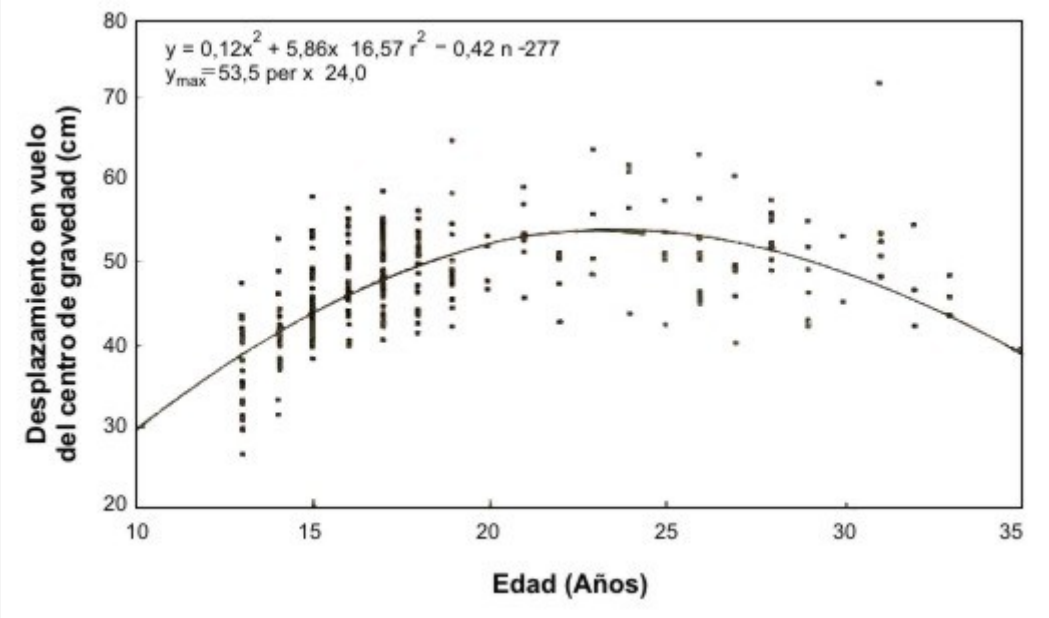


Figura 9. *La variación del desplazamiento del centro de gravedad durante un salto con contra movimientos y los brazos libres (Cmlj), en relación a la edad*

¿Hay datos normativos disponibles para estos tests?

Las Figuras 7, 8 y 9 muestran un tratamiento de datos. Esos datos se han interpolado con una función polinómica de segundo grado, que corresponde gráficamente a una parábola. Los datos de las figuras se refieren al período inicial de la preparación, y fueron confrontados con aquellos obtenidos en la temporada agonística.

Las relaciones se refieren al salto en alto de posición firme, partiendo de posición de sentadillas (Squat) con 90° de flexión (Figura 7), al salto en alto de firme, con contra movimiento y brazos a los costados (Figura 8), y al salto de firme, con contra movimiento y brazos libres (Figura 9).

En las Figuras 10 y 11 se confrontan las variaciones de los desplazamientos en vuelo del centro de gravedad según el tipo de tests, y a la vez relacionados a jugadores profesionales y amateurs.

¿Se puede sugerir cualquier tipo de ejercicio particularmente útil para mejorar la fuerza en el futbolista?

En general, nos abstenemos de dar sugerencias sobre técnicas de entrenamiento, por el simple motivo de que hay muchas personas que se ocupan de la teoría del entrenamiento.

Se puede agregar que, frecuentemente, la teoría del entrenamiento no posee suficientes datos experimentales que habitualmente son difíciles de recolectar. De todos modos, es interesante estudiar la medida de la respuesta anátomo-funcional que se verifica en la gimnasia en agua o Aquagym. Consideraciones de tipo biomecánicos sugieren que son útiles para adaptar el Aquagym y utilizarlo para el incremento de la musculatura de los miembros inferiores en futbolistas.

¿La composición de las fibras musculares de los futbolistas es igual a aquella población de control, o es particular?

En realidad só1o en pocas especialidades hay diferencia de distribución de fibras respecto a aquella observada en poblaciones de control. Este no es el caso del juego del fútbol. Seguramente individuos con características fisio1ógicas bastante diversas pueden jugar el uno junto al otro en un equipo de fútbol, debido a las funciones tácticas diferentes.

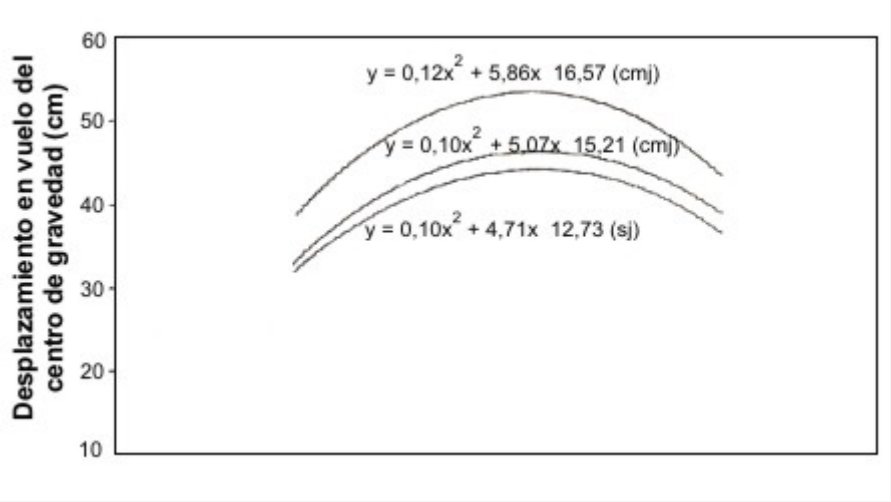


Figura 10. *La variación del desplazamiento en vuelo del centro de gravedad según el tipo de test seguido en deportistas adherentes a la Liga de Fútbol profesional*

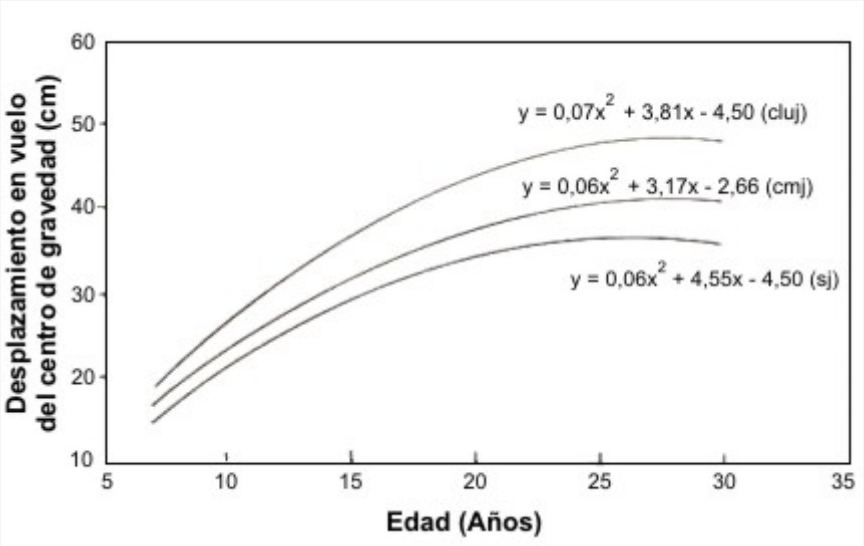


Figura 11. *La variación del desplazamiento en vuelo del centro de gravedad según el tipo de test seguido en deportistas adherentes a la Liga de Fútbol profesional*

¿Cuál es la relación del momento de fuerza entre músculos flexores y extensores de la pierna en el futbolista?

Varios autores han valorado los grupos musculares de las piernas. Tales mediciones, generalmente se han ejecutado con ergometrías isoquinéticas a diversas velocidades angulares (Narici, Sirtori, Mognoni 1988; Oberg et al. 1986; Poulmedis 1985; Rochcongar 1988).

Los jugadores de fútbol resultan ser más fuerte que los no jugadores, ya que hay mayor diferencia de fuerza entre los músculos flexores y extensores de la pierna.

El informe del momento de fuerza entre los flexores y los extensores es de cerca del 60 %, a una velocidad de 30°/ s, mientras resulta ser del 75 % a la velocidad de 180°/s. Tales valores resultan ser mayores respecto a aquellos de las poblaciones sedentarias. También en el seno de un equipo hay variantes, ya que se miden valores más altos en los atacantes respecto a los arqueros y defensores, los cuales poseen músculos extensores más potentes. Algunos autores (Poulmedis 1985; Oberg 1984) han propuesto hipotéticamente un porcentaje de fuerza de un 60 % entre la musculatura flexora y extensora de la pierna, con el fin de reducir el riesgo de lesiones.

¿Existen efectos, consecuentes al entrenamiento de un grupo muscular, sobre músculos antagonistas o sobre músculos de los miembros contralaterales?

Entrenando los extensores de un lado, se ha observado en los músculos contralaterales un aumento de la fuerza. Tal aumento es menor respecto a aquellos medidos en los miembros entrenados, y no están acompañados de una significativa hipertrofia muscular, como sucede en cambio en los miembros sometidos al entrenamiento. Se puede hipotetizar que tal efecto es debido a la facilitación para la transmisión neuromuscular y el reclutamiento de la unidad motora. Respecto de los efectos causados por el entrenamiento del cuadriceps sobre antagonistas, aun no se han hallado datos significativos que generen un hipotético resultado positivo. Es evidente también, que a pesar de que sea escaso el entrenamiento dedicado por los jugadores a los flexores de la pierna, estos resultan más fuertes en los jugadores de fútbol respecto de la población no futbolista.

REFERENCIAS

1. Huang T.C., Roberts E.M., Youm Y (1982). Biomechanics of kicking. *in: Human Body Dynamics (a cura di Dhanjoo N. Ghista), Clarendon Press*
2. Narici M.V., Sirtori M.D., Mognoni P (1993). Maximal ball velocity and peak torques of hip flwxors and knee extensors muscle. *in: Science and Football 2° (a cura di Reilly T., Lees A., David K., Murpy W.J.), E., and Spon, Liverpool*
3. Oberg B., Moller M., Gillquist S., Skstrand J (1986). Isokinetic torque levels for knee extensors and knee flexors in soccer players. *Int. J. Sport Med, 7, 50-53*
4. Int. J. Sport Med, 1986, 7, 50-53 (1984). Muscle strength and flexibility indifferent positions of soccer players. *Int. J. Sport Med.,5,213-216*
5. Poulmedis P (1985). Isokinetical maximal torque power of greek elite soccer players. *J. Orthop. Sports Phys. Therapy, 5, 293-295*
6. Rochcongar P., Morvan R., Jan J., Dassonville J., Boillot J (1988). sokinetic investigation of knee extensors and knee flexors in young french soccer players. *Int. J. Sport Med., 9, 448-450*
7. Trolle M., Aagard P., Simonsen E.B., Bangsbo J., Klausen K (1993). Effect of strenght training on kicking performance in soccer. *in: Science and Football 2' (a cura di Reilly T., Clarys J., Stibbe A.), Liverpool, E. and Spon*

Cita Original

Piero Mognoni y Mario Donato Sirtori. La Fuerza Muscular del Futbolista. Demanda y Respuesta sobre la Fuerza en el Jugador de Fútbol. Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol. 4 Nº 13. 1996.