

Article

Análisis Biomecánico Cualitativo del Vuelo del Portero de Fútbol

Qualitative Analysis of Diving in Football Goalkeepers

Sergio F. Vizcaíno¹ y Leandro H. Cortizo^{1,2}¹Centro de Entrenamiento Formativo de Arqueros (CEFARQ), 31 y 53, 1900 La Plata, Argentina. www.cefارق.com.ar²Club Estudiantes de La Plata, La Plata, Argentina www.edelpoficial.com.ar

RESUMEN

La biomecánica deportiva indaga la mecánica específica de los deportistas para mejorar el rendimiento y desarrollar técnicas de entrenamiento. El vuelo del portero de fútbol se inicia desplazando el centro de gravedad hacia abajo y lateralmente sobre la pierna de ataque; la musculatura y los tendones que generan el impulso hacia el balón se tensan, acumulando energía elástica que se libera en el momento del despegue. Si el pie de ataque apunta en la dirección del vuelo, las líneas de acción de la contracción de los músculos extensores de la pierna se ubican en el plano vertical del vuelo, evitando la disipación de energía en otros componentes. Impulsar directamente hacia el balón otras partes del cuerpo, ayuda a incrementar el momentum general y el alcance. El movimiento poco preciso puede generar rotaciones alrededor del centro de gravedad, que alarguen la trayectoria general del cuerpo en direcciones no deseadas. Se enfatiza la consideración de los componentes elásticos del cuerpo y del portero como una cadena cinemática en la que la acción coordinada de distintas partes incrementa la aceleración y el alcance. Se recomienda implementar técnicas de entrenamiento para la rápida extensión de la columna y los brazos.

Palabras Clave: portero de fútbol, vuelo, biomecánica, cadena cinemática

ABSTRACT

Sports biomechanics investigates the specific mechanics of athletes to improve performance and develop training techniques. Soccer goalkeeper's dives start by moving the center of gravity down and laterally over the leading leg; the muscles and tendons that generate the impulse towards the ball become tensed, accumulating elastic energy that is released at takeoff. If the leading foot points towards the direction of the dive, the lines of action of the contraction of the extensor muscles of the leg place in the vertical plane of diving, avoiding the dissipation of energy in other components. Moving other parts of the body directly to the ball helps to increase overall momentum and range. Inaccurate movements can generate rotations around the center of gravity, which lengthen the body's overall path in unwanted directions. Emphasis is given to the consideration of the elastic components of the body and of the goalkeeper as a kinematic chain in which the coordinated action of different parts increases the acceleration and the reach. It is recommended to implement training techniques for the rapid extension of the spine and arms.

Keywords: football goalkeeper, dives, biomechanics, kinematic chain

INTRODUCCIÓN

De las múltiples acciones que realiza un portero de fútbol, sin dudas la más representativa es el *vuelo* para interceptar un balón a mediana o gran altura (Figura 1). En las últimas décadas, la aparición de entrenadores de porteros promovió el desarrollo de técnicas específicas que mejoran la eficiencia de las acciones de este jugador con funciones diferentes del resto del equipo. Una técnica depurada de vuelo incrementa hasta varios centímetros el alcance obtenido simplemente por el estiramiento de los brazos y el despegue producido por la potencia muscular de las piernas.

Más allá de detalles debidos a diferentes escuelas o preferencias personales de los entrenadores o de los propios porteros, existe un consenso sobre una técnica básica del vuelo. En la generalidad de los casos, esta acción se inicia con la ejecución de un paso con la pierna más cercana al balón, con el pie apuntando hacia la dirección en la que se realizará el vuelo, para luego despegar gracias a la flexión plantar del pie y la extensión de la pierna y la espalda, mientras ambas manos se desplazan directamente hacia el balón desde una posición inicial frente al abdomen (Figura 1a-e).

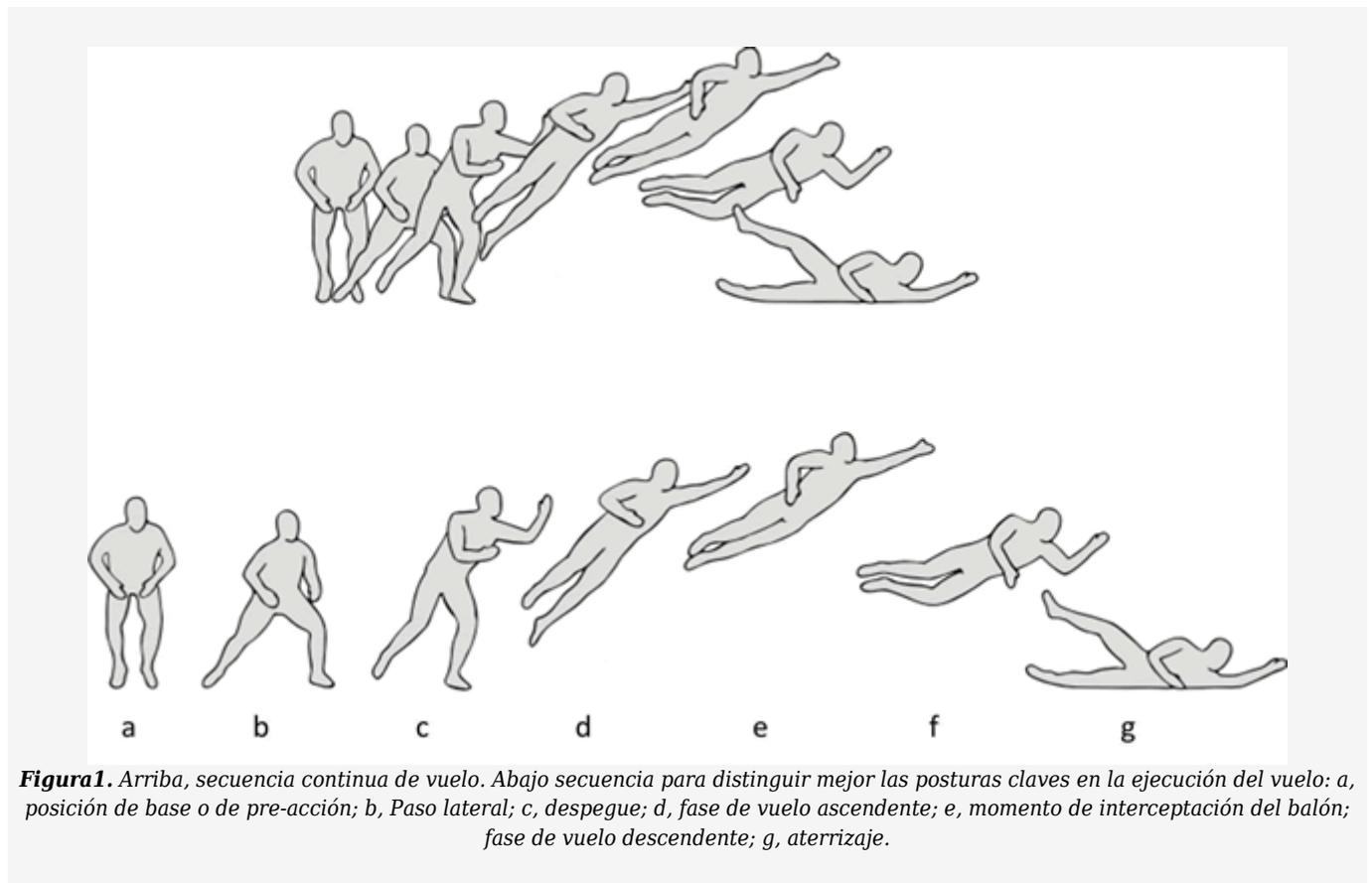


Figura 1. Arriba, secuencia continua de vuelo. Abajo secuencia para distinguir mejor las posturas claves en la ejecución del vuelo: a, posición de base o de pre-acción; b, Paso lateral; c, despegue; d, fase de vuelo ascendente; e, momento de interceptación del balón; f, fase de vuelo descendente; g, aterrizaje.

A pesar de la aceptación general de esta técnica, virtualmente no existen análisis detallados que permitan al entrenador interpretar las razones intrínsecas de la eficiencia de su aplicación. Por ello, en gran medida el diseño del entrenamiento del vuelo se basa en la experiencia e intuición del entrenador y en muchos casos el mejoramiento del alcance se funda casi exclusivamente en el entrenamiento de la potencia de las piernas.

La *biomecánica deportiva* indaga la mecánica específica de los deportes y sus variables de desempeño, para mejorar el rendimiento y desarrollar técnicas de entrenamiento, entre otras cosas. Para ello utiliza los principios de la física y la ingeniería combinados con conocimientos de anatomía y fisiología. Un *análisis biomecánico cuantitativo* implica la descripción de los movimientos del cuerpo o sus partes en términos numéricos, pero la medición directa en el campo suele ser compleja. En cambio, un *análisis biomecánico cualitativo* intenta describir ese movimiento en términos no numéricos y se basa en la habilidad del entrenador para reconocer los momentos críticos de la ejecución o del gesto deportivo (Ramón Suarez, 2009). Los datos obtenidos de un análisis cualitativo pueden ser sustentados con un análisis cuantitativo.

Hasta el momento existen pocos estudios biomecánicos específicos del portero de fútbol (Matsukura, Asai y K. Sakamoto, 2014; Numazu y Fuji, 2015; Spratford Mellifont,

R. y Burkett, 2009; Suzuki et al. 1988). Consisten en análisis cuantitativos realizados en laboratorio, enfocados exclusivamente en la parte inferior del cuerpo, la acción de los miembros inferiores, la posición del centro de gravedad y la rotación de la cadera. Asimismo, fueron realizados sin la participación de entrenadores de porteros, por lo que en su ejecución no hay control de la técnica y su transferencia al entrenamiento específico resulta poco amigable.

El objetivo de esta contribución es realizar un *análisis biomecánico cualitativo del vuelo del portero* que ayude al entrenador a entender algunos fenómenos detrás de la técnica aplicada, identificar acciones claves de su ejecución de la acción que puedan ser mejor entrenados y eventualmente implementar ejercicios específicos.

METODOLOGÍA

Este trabajo se basa, mayormente, en la observación analítica, a lo largo de varios años, de la aplicación de la técnica del vuelo descripta en situación de entrenamiento, por parte de porteros de distintas edades y niveles, en el Centro de Entrenamiento Formativo para Arqueros (CEFARQ) y el Club Estudiantes de La Plata (EdeLP), de Argentina. En ambos casos, la población analizada incluye porteros en un rango etario desde los 9 años hasta adultos. En otros aspectos, la realidad de ambas poblaciones de porteros es diferente. Por un lado, el CEFARQ entrena porteros de todas las condiciones, incluyendo aficionados, porteros juveniles de clubes con fútbol profesional, porteros de ligas locales, etc., la frecuencia de entrenamiento se resume en dos estímulos semanales y muchos porteros no entrenan toda la temporada. Por su parte, en EdeLP se forman porteros para la alta competencia profesional, con cinco entrenamientos semanales durante 10 u 11 meses al año y, de desde hace al menos cinco años, con un programa de entrenamiento conceptualmente consistente para los porteros de todas las edades, desde el fútbol infantil hasta el plantel profesional. Este análisis está complementado con una revisión de la bibliografía disponible y el análisis de videos de porteros de todo el mundo. Los esquemas gráficos fueron producidos tomando como base una secuencia fotográfica de alta velocidad disponible en internet (http://espn.go.com/espn/photos/gallery/_fid/8870055/image/2/nick-rimando-real-salt-lake-goalie-crazy-just-work).

RESULTADOS

Biomecánica del despegue

Describiremos la biomecánica del despegue desde una *posición de base* o *pre- acción* (Figura 1a) y asumiendo que la distancia a recorrer para alcanzar el balón no requiere efectuar más que un paso antes del despegue. En esta posición el portero se encuentra de frente al pateador con las piernas semi-flexionadas, los pies separados aproximadamente el ancho de las caderas y apuntando al pateador y los talones ligeramente elevados del suelo, con el tronco ligeramente inclinado con una postura recta de la espalda y el mentón elevado en línea al campo visual, los brazos con la manos por delante del cuerpo, a la altura de la cintura y con palmas a 45° del suelo, con los pulgares ligeramente separados entre sí.

Suzuki et al. (1988) determinaron que una característica clave de los porteros de élite es la capacidad de mover su centro de masa de la forma más directa y rápida posible al balón cuando se hace una atajada. Cuando se inicia el movimiento (Figura 1 b), el torso y el centro de gravedad del cuerpo se desplaza hacia abajo y lateralmente y se hace un paso en la dirección de intercepción del balón con la pierna más cercana a éste. Al descargar el peso sobre la pierna de ataque, la *musculatura* y los *tendones* que generan el impulso hacia el balón se tensan, *acumulando energía elástica que se libera en el momento del despegue*. En la pierna se tensan los gemelos y soleos, que a través del Tendón de Aquiles se insertan en el calcáneo, el cuádriceps y el conjunto de su tendón y el tendón rotuliano, que se estiran alrededor de la rodilla, y los isquiotibiales y glúteo mayor y que producen la extensión de la cadera. Como resultado de apuntar el pie en la dirección del vuelo, tanto la línea de acción de la tracción producida por la contracción del grupo de músculos del tendón de Aquiles (flexión plantar) y la contracción del cuádriceps (extensión de la pierna) se ubican en el plano vertical del vuelo, evitando la disipación de energía por componentes que se producirían si el pie apuntara en otra dirección. Esta pierna es la que proporciona el mayor empuje que desplazará al portero hacia el balón elevando el centro de gravedad (Matsukura et al., 2014). Cuando el portero se acelera vertical y lateralmente (Figura 1c y 2), se cumplen las tres leyes de Newton: para romper la inercia de la posición de base relativamente estática (1° Ley) y cambiar al vuelo, el pie de ataque ejerce una fuerza ($F= ma$) sobre el suelo, el que le devuelve una fuerza igual de sentido contrario (3° Ley de Newton). El cambio de movimiento será proporcional a la fuerza que actúa sobre el suelo (2° Ley de Newton). *Como la masa corporal es*

constante, el cambio de movimiento dependerá de la aceleración lograda.

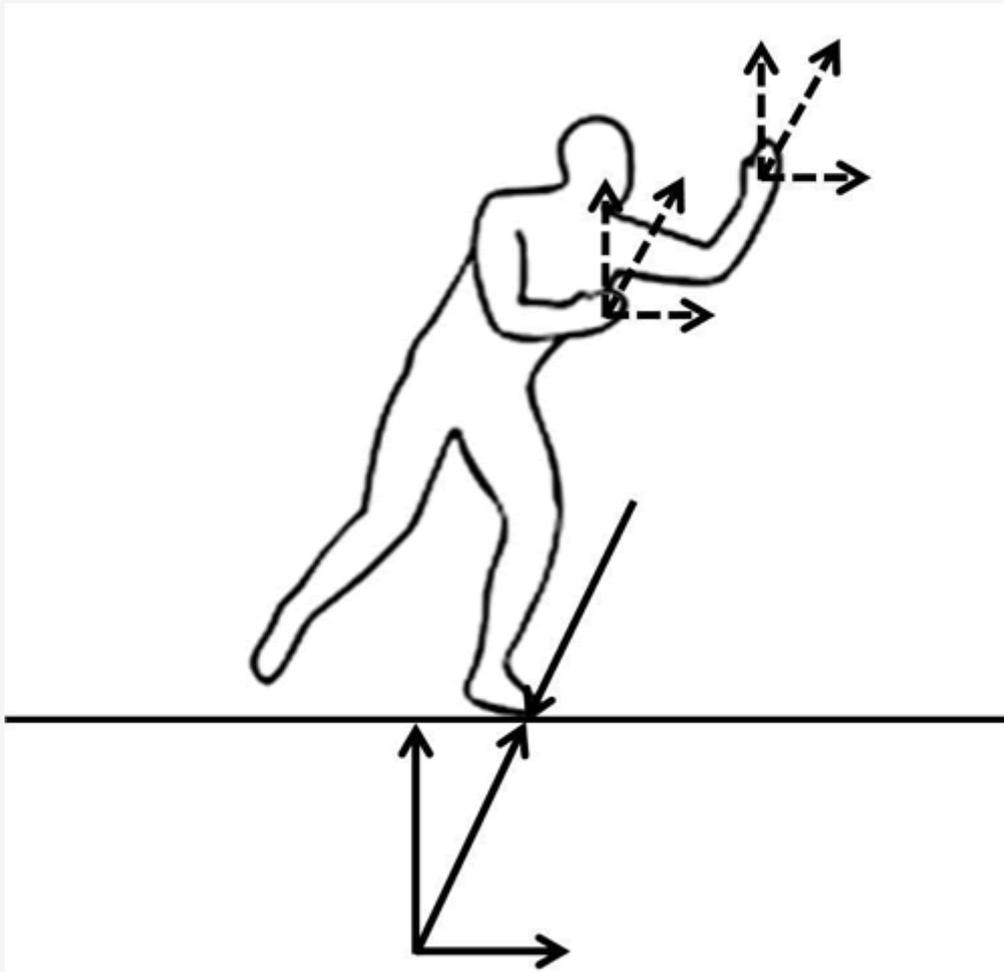


Figura2. El pie de ataque ejerce fuerza sobre el suelo (flechas continuas) y recibe una reacción igual pero de sentido contrario, con una componente vertical (elevación) y una horizontal (desplazamiento lateral). La aceleración de los brazos hacia el balón ayuda a incrementar el momentum general del cuerpo y la distancia lineal en la dirección esperada a recorrer durante el vuelo.

Pero no son sólo los músculos y tendones de las piernas los que se tensan y contraen generando el impulso, también son relevantes los tendones y músculos de la espalda baja.

Recientemente, Charoenpanich, Boonsinsukh, Sirisup y Saengsirisuwan (2013) resaltaron también la importancia de los músculos erectores de la espalda (y sus tendones) en situaciones que requieren una aceleración del tronco, como el salto vertical.

Aceleración de otras partes del cuerpo

Además de la acción de las piernas y la espalda baja, al iniciarse el movimiento desde la ubicación relativamente central frente al cuerpo en la posición de base, ambas manos se dirigen directamente hacia el balón tratando de interceptarlo (Figura 1c). Si el balón viaja a distancias algo mayores que las alcanzables con ambos brazos extendidos, una rotación del hombro bajo hacia la cabeza permite mayor alcance a ese brazo (o del hombro alto si el balón es alto). Los brazos y manos tienen relativamente poca masa en relación a la masa corporal total: brazo 3.85%, antebrazo 1.97%, mano 0.65% (Plagenhoef, Evans y Abdelnour, 1983). Sin embargo, la fuerza que pueden generar es proporcional a la aceleración con la que se los mueve (Rathee Magnes y J. Davis. 2014). Por lo tanto, impulsar las manos directamente hacia el balón (Figura 2) ayuda a incrementar el *momentum* general del cuerpo y, consecuentemente, la distancia lineal en la dirección esperada a recorrer durante el vuelo.

Algunos entrenadores (véase <http://www.jbgoalkeeping.com/index.html>) propician acelerar la rodilla de la pierna alejada hacia la dirección del balón una vez que la pierna de empuje inició la aceleración del cuerpo. La masa de la pierna constituye un 17% de la total del cuerpo (Plagenhoef et al., 1983), pero si la aceleración es mayor que la del cuerpo, su aporte a la fuerza, el momento lineal y la energía cinética total podría ser significativa.

Sin embargo, el centro de masa de la pierna se encuentra a aproximadamente a un 42% de su longitud total desde la cadera (Plagenhoef et al., 1983), o sea, por encima de la rodilla. Por lo tanto, su aceleración no pasa directamente por el centro de masa del cuerpo y generaría una rotación alrededor de éste, hacia atrás si la rodilla es elevada frontalmente, o hacia abajo si es elevada lateralmente, alejando el cuerpo de la trayectoria más corta hacia el balón. Para evitar estas desviaciones nocivas el portero debería realizar compensaciones posturales.

CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS SUGERIDAS

El análisis biomecánico cualitativo realizado permite identificar varios aspectos relacionados con la técnica de vuelo del portero de fútbol que podrían considerarse para mejorar su entrenamiento. Entre ellos se cuenta el valor de los componentes elásticos del cuerpo -músculos y, especialmente, tendones- que ayudan a la generación de impulso por la acumulación y posterior liberación de energía elástica y la noción de que la fuerza del despegue depende de la aceleración.

Impulsar directamente hacia el balón otras partes movibles del cuerpo, como las manos y la rodilla de la pierna más alejada, ayudan a incrementar el momentum general del cuerpo y, consecuentemente, la distancia recta en la dirección esperada a recorrer durante el vuelo. En cambio, el movimiento poco preciso de estas partes puede generar rotaciones alrededor del centro de gravedad del cuerpo, que alarguen la trayectoria general del cuerpo en direcciones no deseadas.

La mecánica descrita indica que el portero debe ser considerado como una *cadena cinemática* en la que la sumatoria de las aceleraciones producidas en distintas articulaciones del cuerpo (tobillo, rodilla, cadera, espalda, hombro y codo) produciría un impulso mayor que el que resultaría exclusivamente de la acción de las piernas. Por lo tanto, resulta recomendable implementar técnicas de entrenamiento para la rápida extensión de la columna y de los brazos. En el último caso quizás empleando técnicas análogas a las de las disciplinas de combate con golpes de manos.

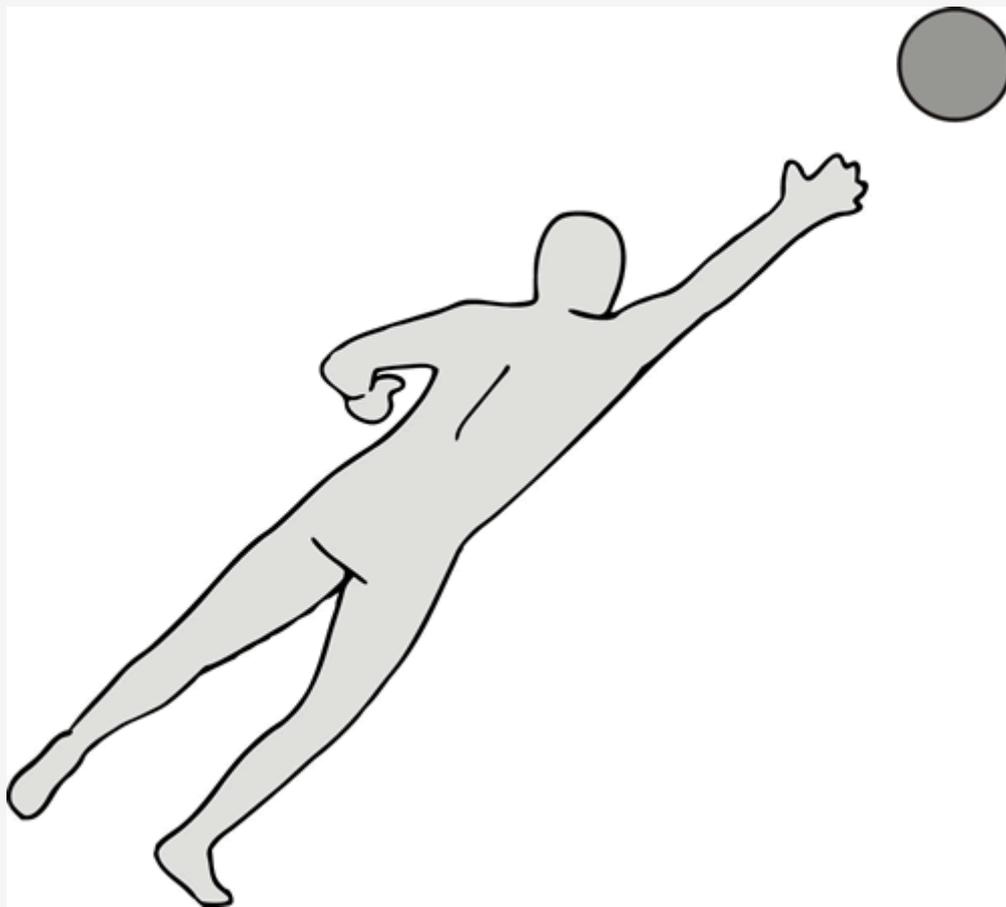


Figura3. Vuelo directo hacia el balón optimizando la energía del impulso tanto en la componente vertical como la lateral. El cuerpo se extiende en una secuencia lineal mano- brazo-cabeza-tronco-piernas-pie. Esquema basada en una fotografía tomada a Mariano Andujar, portero profesional de Estudiantes de La Plata.

En el vuelo, entendemos como un movimiento eficiente el impulso del portero desde su posición de base hasta la interceptación del balón en una trayectoria directa en ángulo recto con la trayectoria del balón. El cuerpo debería extenderse en secuencia lineal *mano-brazo-cabeza-tronco-piernas-pie* (Figura 3), con el pie de impulso apuntando hacia donde inició el despegue. En la Figura 4 se describe un ejercicio simple que permite mejorar el empuje lineal en el vuelo.

Finalmente, si bien las consideraciones formuladas pueden asimilarse fácilmente al entrenamiento, se destaca la necesidad de efectuar estudios cuantitativos.

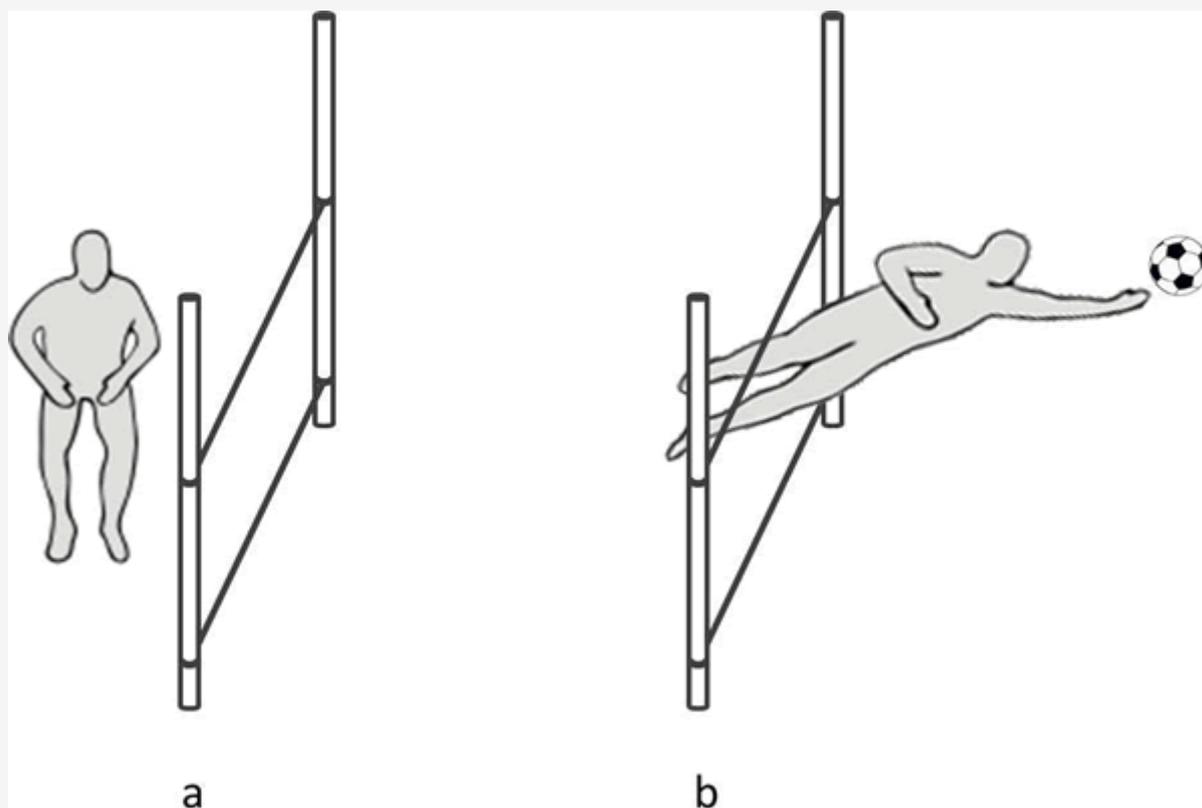


Figura 4. Ejercicio de mejora del vuelo a media altura/media altura baja. Vuelo entre dos sogas, una a la altura del tobillo del portero, otra a la altura del hombro. a, posición de base o de pre-acción; b, fase de vuelo entre las sogas. La sogas obliga al portero a ejercer fuerza contra el suelo antes de cruzar entre las sogas. La alta lo fuerza a realizar un vuelo lineal sin disipación de energía en la componente vertical y optimizando la componente lateral. Además del impulso generado por la pierna de ataque, para alcanzar la máxima distancia, el entrenador debe instruir al portero a mantener su centro de gravedad bajo, extender la espalda e impulsar ambos brazos en dirección al balón.

AGRADECIMIENTOS

A los porteros y porteras y del CEFARQ y de EdeLP. A los entrenadores de porteros de ambas instituciones y al preparador físico Leandro De Rose por las fructíferas discusiones sobre técnica y entrenamiento. A LDR también por la lectura crítica del manuscrito. A Néstor Toledo por la colaboración en la confección de las figuras. Riki Cieri proveyó la fotografía sobre la que se diseñó la Figura 3.

REFERENCIAS

1. Charoenpanich, N., Boonsinsukh, R., Sirisup, S. y Saengsirisuwan, V. (2013). Principal component analysis identifies major muscles recruited during elite vertical jump. *Science Asia* 39, 257-264
2. Matsukura K., Asai, T. y Sakamoto K. (2014). Characteristics of movement and force exerted by soccer goalkeepers during diving motion. *Procedia Engineering*, 72, 44- 49
3. Numazu N. y Fuji N. (2015). Biomechanical analysis of saving motion for soccer goalkeepers focused on the function of lower extremities. *En Colloud, F., Domalain,*
4. M. y Monnet, T. (2015). (Eds). *33rd International Conference on Biomechanics in Sports, (Poitiers, France, 1137-1140)*
5. Plagenhoef, S., Evans, F.G., y Abdelnour, T., (1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 54, 169-178.
6. Ramón Suárez G. (2009). Biomecánica deportiva y control del entrenamiento. *Universidad de Antioquia. Colombia*

7. Rathee, N. K., Magnes, J. y Davis J. (2014). Kinematics of board breaking in karate using video analysis -a dynamic model of applied physics and human performance. *European Scientific Journal*, 10 (12), 338-348.
8. Spartford, W., Mellifont, R. y Burkett, B. (2009). The influence of dive direction on the movement characteristics for elite football goalkeepers. *Sports Biomechanics*, 8(3), 235-244.
9. Suzuki, S., Togari, H., Isokawa, M., Ohashi, J., y Ohgushi, T., (1988). Analysis of the goalkeeper's diving motion. *En Reilly, T., Leea, A., Davids, K., and Murphy, W.J. (Eds.) Science and Football (pp. 468-475). London E&FN Spon.*