

Optimización del saque de banda en fútbol: perspectiva biomecánica

Sideline throw-in optimization in soccer: a biomechanical perspective

Díaz, R.¹, Medrán, R.¹, de la Chica, A.B.¹, Grande, I.¹

¹ Universidad Alfonso X El Sabio (Madrid)

Dirección de contacto

Ignacio Grande, I. (igranrod@uax.es)

Fecha de recepción: 30 de marzo de 2008

Fecha de aceptación: 16 de octubre de 2008

RESUMEN

El saque de banda es un movimiento técnico que puede ser mejorado por medio de la optimización del entrenamiento de fuerza o por la mejora de la técnica de realización. Describir de forma precisa esta técnica es el principal objetivo del análisis cinemático 2D con video desarrollado en el presente estudio. Se analizan los saques desde parado y tras carrera realizados por 9 jugadores. Las acciones que caracterizan el saque de banda desde parado es una flexión de tronco de $42.60 \pm 9.49^\circ$, una extensión de hombro de $16.51 \pm 18.34^\circ$ y una extensión de codo de $80.17 \pm 9.38^\circ$. La h_0 fue de 2.32 ± 0.09 m., la V_0 media del balón fue 14.16 ± 1.55 m • s⁻¹ y el α_0 medio fue de $27.77 \pm 7.53^\circ$. El alcance medio de este tipo de saque fue de 22.40 ± 4.80 m calculándose un ángulo óptimo de $42.20 \pm 0.51^\circ$.

Mientras en el saque tras carrera la h_0 fue de 2.22 ± 0.15 m, la V_0 media del balón fue 15.61 ± 1.63 m • s⁻¹ y el α_0 medio fue de $34.87 \pm 6.24^\circ$. La flexión de tronco utilizada fue de $35.75 \pm 12.93^\circ$, se registró una extensión de hombro de $24.80 \pm 15.38^\circ$ y una extensión de codo de $74.97 \pm 9.51^\circ$. El alcance de este tipo de saque fue de 25.90 ± 5.19 m. El ángulo óptimo alcanza un valor medio de $42.61 \pm 0.41^\circ$.

No se encuentran diferencias significativas mas que en el α_0 ($p < 0.05$) y la duración de la Fase 2 del movimiento ($p < 0.05$). Los movimientos registrados son muy similares. Un adecuado entrenamiento de estas acciones descritas podría conducir a optimizar este movimiento técnico del fútbol.

Palabras clave: saque de banda, futbol, cinemática, modelo técnico.

ABSTRACT

An optimization of strength training or better technique training can improve throw in movement. The aim of our study was to describe range of movements executed in this soccer technique. We made a 2D kinematics video analysis. 9 soccer players were analyzed. They performed throw in movements with and without previous run. Throw in without previous run was characterized by a trunk flexion ($42.60 \pm 9.49^\circ$), shoulder extension ($16.51 \pm 18.34^\circ$) and elbow extension ($80.17 \pm 9.38^\circ$). Height of release was 2.32 ± 0.09 m, V_0 reached 14.16 ± 1.55 m/s and angle of release was $27.77 \pm 7.53^\circ$. The range of this throw in was 22.40 ± 4.80 m. Optimal angle of release was reached at $42.20 \pm 0.51^\circ$.

Height of release reached 2.32 ± 0.09 m in Throw in with previous run case. V_0 reached 14.16 ± 1.55 m/s and angle of release was $27.77 \pm 7.53^\circ$. Throw in with previous run was characterized by a trunk flexion ($35.75 \pm 12.93^\circ$), shoulder extension ($24.80 \pm 15.38^\circ$) and elbow extension ($74.97 \pm 9.51^\circ$). The range of this throw in was 25.90 ± 5.19 m. Optimal angle of release was reached at $42.61 \pm 0.41^\circ$.

α_0 ($p < 0.05$) and Phase 2 duration ($p < 0.05$) showed significant differences. Movements analyzed were to similar both cases. An adequate training of these described movements can improve the performance of the throw in soccer movement.

Key words: throw-in, soccer, kinematics, technical model.

INTRODUCCIÓN

El saque de banda en fútbol se concede cuando el balón traspasa en su totalidad la línea de banda, ya sea por tierra o por aire. El equipo adversario del último jugador que tocó el balón realizará el saque de banda por el punto donde salió. Esta acción técnica, única en la los jugadores de campo usan sus extremidades superiores para impulsar el esférico, se repite en numerosas ocasiones durante el transcurso de un encuentro y creemos que no ha sido adecuadamente estudiada desde el punto de vista científico además de poco trabajada desde el punto de vista técnico.

La realización de este estudio surgió del interés que puede tener para el rendimiento de un equipo mejorar el aspecto ofensivo de esta acción. Partimos de la idea que lograr un saque con un mayor alcance, distancia horizontal recorrida por el balón, produce situaciones de mayor peligro debido a la escasa distancia a la que podemos colocar el balón respecto a la portería.

La mejora de este movimiento técnico se puede enfocar mediante:

- (1) **La mejora de la fuerza del jugador** debido a que ésta es uno de los factores que determina el alcance del saque (De Carnys y Lees, 2007). La utilización de ejercicios pliométricos de entrenamiento de las extremidades superiores afecta positivamente a la velocidad del saque, obteniendo un saque más largo (Keshk y Eltantawy, 2007). En relación con la aplicación de la fuerza del jugador Linthorne y Everett (2006) realizan

un estudio en el que calcula el ángulo óptimo del jugador en el saque de banda. Destacan que es importante el rendimiento de la musculatura que realiza la acción de saque ya que tiene relación con el ángulo que se emplee. El jugador no será igualmente efectivo en su capacidad de generar fuerza en las diferentes angulaciones de salida del balón. Además destaca que el alcance del proyectil dependerá prioritariamente de la velocidad de salida que sea capaz de imprimirle el jugador (Linthorne y Everett, 2006; Linthorne, 2006).

- (2) Otro camino de mejora del rendimiento es **optimizar el modelo técnico individual del jugador**. La práctica de este movimiento conducirá a la mejora del rendimiento del saque de banda (De Carnys y Lees, 2007). Pero mientras que el entrenamiento de fuerza esta siendo muy estudiado únicamente se ha encontrado una referencia (Lees y cols., 2003) en la que se centra el análisis en la cinemática del movimiento. Específicamente en este caso reducido a las extremidades superiores.

En este mismo sentido tampoco se han determinado los aspectos claves que posibilitan a unos jugadores alcanzar grandes distancias de lanzamiento frente a otros. Únicamente podemos indicar como factor técnico resaltado en la bibliografía que la pronación de los antebrazos en la parte final del lanzamiento es una técnica errónea para alcanzar un mayor rendimiento. (Messier y Brody, 1986). En relación con la movilidad

de las distintas articulaciones, se destaca que la mayor amplitud de movimiento de la columna es un factor clave para alcanzar una mayor distancia (Lapshin, 1977; Messier y Brody, 1986).

Teniendo en cuenta estos antecedentes los **objetivos principales** planteados en el presente estudio fueron:

- 1.Describir el saque desde parado y en movimiento del saque de banda en fútbol atendiendo a variables cinemáticas.
- 2.Determinar las variables que caracterizan a los saques de banda de gran alcance.
- 3.Comparar la ejecución del saque desde parado y tras movimiento previo.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada al presente estudio fue la videogrametría bidimensional (2D). En la grabación se utilizó una cámara de video formato DV (Panasonic AG-DVC200E) colocada completamente perpendicular al plano de lanzamiento del saque de banda y una cámara auxiliar formato mini DV (SONY DCR-DVD405), para comprobar la longitud alcanzada en el saque y seleccionar los reglamentariamente correctos. Se utilizo un marco de calibración cuadrado de 2 metros de lado que define 4 puntos de control.

Se grabaron 36 saques de banda de 9 jugadores del Fuenlabrada CF (n = 9) con una altura media de 1.79±0.06 cm, una edad media de 24.11±3.10 años y un peso de 77.63±7.08 Kg. Se incluyeron jugadores habituales a realizar esta acción (laterales) y otros jugadores que no realizan esta acción con frecuencia (delanteros y centrocampistas).

Los saques de banda se realizaron en estático y con carrera previa. Cada jugador realizó dos repeticiones de cada estilo, es decir, cada uno ejecutará cuatro saques y de estos cuatro seleccionaremos uno de cada estilo. La selección se realizó en función de dos criterios: distancia alcanzada (R) y ejecución correcta atendiendo a la regla 15 de las Reglas del Juego (FIFA, 2007). Se realizaron un total de 36 saques de banda, de los cuales seleccionaremos 15 que posteriormente fueron analizados.

La grabación fue capturada creando los ficheros avi correspondientes a los saques realizados. Se utilizó el software de videogrametría Kinescan IBV versión digital 1.1 para la digitalización de imágenes y extracción de resultados cinemáticos. El tratamiento de resultados se realizó con el programa de Excel 2007 y SPSS v. 15.0. Se calcularon los estadísticos descriptivos de las variables analizadas así como correlaciones lineales de Pearson para comprobar la relación de éstas con el alcance del saque y la prueba T-Student para comprobar diferencias entre el saque desde parado y tras carrera. En ambos casos el índice p fue considerado estadísticamente significativo siempre que fuera menor de 0.05.

El modelo mecánico utilizado en el proceso de digitalización manual constó de 11 puntos en el caso del saque desde parado y 16 puntos en el caso del saque en movimiento.

Se analizó el movimiento desde el Instante de Máxima inclinación posterior del tronco (I1) hasta el Primer instante en el que el balón esta en el aire (I3). Se define un punto intermedio en esta fase principal del movimiento en el Primer instante balón hacia delante (I2). Las variables estudiadas se exponen en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables cinemáticas analizadas en el saque de banda.

VARIABLES ESPACIALES (m)		VARIABLES TEMPORALES (s)	
· Alcance horizontal del balón. · Altura de salida del balón (h_0)		· Duración Fase 1 (I1-I2). · Duración Fase 2 (I2-I3).	
VARIABLES ANGULARES (°)			
· Ángulo de cadera. · Ángulo de codo. · Ángulo de hombro.		· Ángulo de rodilla. · Inclinación anteroposterior del tronco. · Ángulo de salida del balón (α_0)	
VARIABLES ESPACIO TEMPORALES (m · s ⁻¹).			
· Velocidad del codo. · Velocidad del hombro.		· Velocidad de muñeca. · Velocidad de salida del balón (V_0)	

RESULTADOS

La Tabla 2 contiene los resultados de las variables estudiadas en el saque de banda desde parado acompañado de la media y la desviación típica de cada variable.

	α ₀ (°)	V ₀ (m · s ⁻¹)	h ₀ (m)	Alcance (m)	Duración F1 (s)	Duración F2 (s)	Duración Total (s)	Flexión Tronco (°)	Extensión hombro (°)	Extensión Codo (°)
	14.66	14.30	2.28	22.50	0.00	0.20	0.20	42.24	58.52	61.75
	34.26	17.72	2.35	32.91	0.10	0.18	0.28	52.68	8.37	85.08
	31.82	14.93	2.20	23.44	0.12	0.16	0.28	41.28	10.19	73.55
	17.96	15.36	2.37	19.42	0.10	0.18	0.28	53.52	1.03	86.88
	35.11	13.15	2.19	19.27	0.06	0.14	0.20	24.02	20.89	76.99
	27.45	13.07	2.47	18.01	0.06	0.20	0.26	47.28	2.68	80.84
	29.61	15.36	2.33	24.17	0.02	0.22	0.24	43.44	11.26	84.49
	31.30	13.41	2.35	19.50	0.10	0.22	0.32	36.32	19.09	91.78
MD	27.77	14.66	2.32	22.40	0.07	0.19	0.26	42.60	16.51	80.17
SD	7.53	1.55	0.09	4.80	0.04	0.03	0.04	9.49	18.34	9.38

Tabla 2. Principales resultados del saque desde parado (MD: Media; SD: Desviación Típica).

Tabla 3. Principales resultados del saque en movimiento (MD: Media; SD: Desviación Típica).

	α_0 (°)□	V_0 (m · s ⁻¹)	h_0 (m)	Alcance (m)	Duración F1 (s)	Duración F2 (s)	Duración Total (s)	Flexión Tronco (°)	Extensión hombro (°)	Extensión Codo (°)
	24.27	16.70	2.26	25.49	0.14	0.12	0.26	41.82	27.88	80.71
	42.78	14.54	2.21	23.66	0.06	0.18	0.24	30.92	40.38	67.64
	38.68	18.38	2.43	36.40	0.14	0.14	0.28	53.70	14.94	88.39
	32.32	16.57	2.03	28.17	0.06	0.10	0.16	23.42	49.10	63.23
	37.06	14.66	2.36	23.84	0.08	0.12	0.20	38.55	9.12	75.98
	38.57	14.54	2.03	23.31	0.04	0.10	0.14	16.54	9.69	66.16
	30.43	13.92	2.20	20.42	0.08	0.14	0.22	45.31	22.49	82.69
MD	34.87	15.61	2.22	25.90	0.09	0.13	0.21	35.75	24.80	74.97
SD	6.24	1.63	0.15	5.19	0.04	0.03	0.05	12.93	15.38	9.51

A continuación, observamos los resultados de las variables del saque en movimiento (Tabla 3). Las variables estudiadas fueron las mismas pero en movimiento. También se realizó la media y la desviación típica.

En la Tabla 4 se exponen las principales correlaciones encontradas entre las variables analizadas.

Tabla 4. Principales correlaciones encontradas entre las variables estudiadas.

VARIABLES	CORRELACIÓN
Velocidad de salida (V_0) - Angulo extensión rodillas (°)	r: 0.77; p<0.05 (*)
Velocidad de salida (V_0) - Alcance (R)	r: 0.89; p< 0.05 (*)

En la Tabla 5 se exponen las principales diferencias encontradas entre las variables analizadas en el caso del saque desde parado frente al saque en movimiento calculadas mediante la T-Student.

Tabla 5. Principales diferencias encontradas entre las variables estudiadas en el saque desde parado frente al saque en movimiento.

VARIABLES	Índice de significatividad
Ángulo de salida (α_0).	P<0.05 (*)
Duración Fase 2.	P<0.05 (*)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Comenzaremos por la descripción de los movimientos analizados:

Técnica del saque de banda desde parado: En este tipo de saque la h_0 media fue de 2.32 ± 0.09 m. La V_0 media del balón fue 14.16 ± 1.55 m · s⁻¹ y el α_0 medio fue de $27.77\pm7.53^\circ$. La distancia media alcanzada por el balón fue de 22.40 ± 4.80 m. Se calculó el ángulo de salida óptimo que se estableció en $42.20\pm0.51^\circ$. Con este ángulo de salida R hubiera alcanzado los 24.33 ± 4.86 m (Tabla 6).

La inclinación posterior del tronco en la posición inicial (I1) fue de $-32.85\pm12.57^\circ$ alcanzando en la posición final (I3) $9.75\pm9.51^\circ$. La amplitud media de flexión del tronco fue de $42.60\pm9.49^\circ$. La flexión inicial del hombro alcanzó los $178.47\pm15.02^\circ$, siendo en la posición final (I3) $161.97\pm11.40^\circ$, existiendo una amplitud media de extensión del hombro de $16.51\pm18.34^\circ$. El codo realiza una extensión media de $80.17\pm9.38^\circ$. La posición inicial media (I1) de la rodilla fue de $60.40\pm14.54^\circ$, siendo en la posición final (I3) de $26.59\pm10.92^\circ$. La rodilla realiza una extensión de $33.80 \pm 11.84^\circ$.

Tabla 6. Resultados principales variables de salida del saque desde parado.

	Saque parado	Kollat y Schwirtz (1988)	Lees y cols (2003)	Levandusky y cols. (1985)
h_0 (m)	2.32 ± 0.09	-	1.71 ± 0.06	2.32
V_0 (m · s ⁻¹)	14.16 ± 1.55	14.2	13.7 ± 0.83	18.3
α_0 (°)	27.77 ± 7.53	33	14.3 ± 3.12	29.1
R (m)	22.40 ± 4.80	20.9	-	23.1
α_{opt} (°)	42.20 ± 0.51	-	-	-

Técnica del saque de banda con carrera previa: Posteriormente, se analizó el saque de banda con carrera previa, observando en este tipo de saque, considerables diferencias en cuanto a la técnica que realizan cada jugador: De los nueve sujetos analizados, observamos dos diferentes técnicas generales de saque, que fueron:

1.Saque con pies juntos (n=3).A su vez en este caso se diferencian dos formas de juntar los pies tras la carrera: Mediante salto (n=1) realizado desde dos pies y caída a dos pies ó Mediante paso junto (n=2).

2.Saque con pie adelantado (n=6): En función del jugador se observa que se adelante la derecha (n=2) o la izquierda (n=4).

La h_0 fue de 2.22 ± 0.15 m. La V_0 media del balón fue 15.61 ± 1.63 m $\cdot$ s⁻¹ y el α_0 medio fue de $34.87\pm6.24^\circ$. La distancia media alcanzada por el balón fue de 25.90 ± 5.19 m. Se calculó el ángulo de salida óptimo que se estableció en $42.61\pm0.41^\circ$. Sabiendo con este dato, que si los jugadores hubiesen lanzado el balón con dicho ángulo, hubiesen alcanzado una distancia media de 27.21 ± 5.41 m (Tabla 7).

La inclinación del tronco en la posición inicial (I1) fue de $-32.08\pm16.64^\circ$ alcanzando en la posición final (I3) $3.67\pm9.01^\circ$. La amplitud media de flexión del tronco fue de $35.75\pm12.93^\circ$. La flexión inicial del hombro alcanzó los $175.85\pm9.78^\circ$, siendo en la posición final (I3) $151.05\pm14.90^\circ$, existiendo una amplitud media de extensión del hombro de $24.80\pm15.38^\circ$. El codo realiza una extensión media de $74.97\pm9.51^\circ$.

Tabla 7. Resultados principales variables de salida del saque desde parado.

	Saque movimiento	Kollat y Schwirtz (1988)	Lees y cols (2003)	Levandusky y cols. (1985)
h_0 (m)	2.22 ± 0.15	-	1.68 ± 0.08	2.32
V_0 (m $\cdot$ s ⁻¹)	15.61 ± 1.63	15.3	14.9 ± 0.81	18.3
α_0 (°)	34.87 ± 6.24	32	12.6 ± 3.12	29.1
R (m)	25.90 ± 5.19	24.1	-	23.1
α_{opt} (°)	42.61 ± 0.41	-	-	-

Respecto a las correlaciones calculadas destaca que en el saque desde parado únicamente encontramos relación entre la amplitud de extensión de rodillas y la V_0 (r: 0.77; p<0.05). Aspecto que puede indicar la impor-

tancia del trabajo de extremidades inferiores aunque en el saque parezca como prioritario la intervención de extremidades superiores. En el saque de banda en movimiento no aparecieron correlaciones relevantes.

El α_0 (p<0.05) y la duración de la Fase 2 (p<0.05) presentan las únicas diferencias entre ambos saques. Pese al diferente movimiento realizado las amplitudes de las acciones y demás variables analizadas no presentan diferencias significativas desde el punto de vista estadístico.

El saque con carrera previa ($35.75\pm12.93^\circ$) presenta un menor rango de movimiento en el tronco frente al realizado desde parado ($42.60\pm9.49^\circ$). Esta menor amplitud del movimiento del tronco puede ser compensado por la mayor velocidad desde la que comienza el movimiento el jugador por la carrera anterior al II determinado para el inicio de nuestro análisis. Al poseer una velocidad inicial en el movimiento tras carrera el jugador alcanza una mayor V_0 y un α_0 más alto lo que optimiza el rendimiento del saque. Pese a estas leves diferencias los dos tipos de saques son muy similares y un adecuado trabajo de musculación de las siguientes acciones, pudiera derivar en una mejora en el rendimiento de esta acción de juego:

1.Flexión de tronco: Desde una inclinación posterior de alrededor de 32° hasta una ligera inclinación anterior ($3-9^\circ$) (Músculos motores: Recto anterior del tronco).

2.Extensión del hombro: Desde una posición inicial de flexión máxima ($175-178^\circ$) hasta los $150-160^\circ$ (Músculos motores: Pectoral mayor y Dorsal ancho).

3.Extensión de codos: Desde flexión máxima con una amplitud de entre $75-80^\circ$ (Músculos motores: Tríceps).

4.Extensión de rodillas: Ejercicios partiendo de un ángulo de rodillas de 60° hasta los 25° (amplitud 35°) (Músculos motores: cuádriceps)

De cara a futuros estudios sería necesario ampliar la población de estudio y analizar la coordinación entre los movimientos señalados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- De Carnys, G., Lees, A. (2007). Effects of strength training and practice on soccer throw-in performance. *Journal of Sports Sciences and Medicine, Suppl. 10*, 175.
- FIFA (2007). *Reglas de Juego 2007/2008*. Zurich, Suiza: Fédération International de Football Association, FIFA.
- Keshk, M., Eltantawy, A. (2007). Developing effect by eccentric – concentric contraction in two directions on speed components of soccer and basketball players. *Journal of Sports Sciences and Medicine, Suppl. 10*, 176.
- Lapshin, O. (1977). A throw-in to the penalty area. *Sportivnye Lgry*, 7, 15.
- Lees, A., Kemp, M., Moura, F. (2003). A biomechanical analysis of the soccer throw-in with a particular focus on the upper limb motion. *Papers presented to the Fifth World Congress of Science and Football*. Edited by Thomas Reilly, Jan Cabri y Duarte Araújo, Lisbon, 11-15 April 2003: 89-94.
- Linthorne, N.P., Everett, D.J. (2006). Release angle for attaining maximum distance in the soccer throw-in. *Sports Biomechanics*, 5 (2), 243-260.
- Linthorne, N.P., (2006). *Throwing and jumping for maximum horizontal range*. United Kingdom, Uxbridge: School of Sports and Education, Brunel University.
- Messier, S.P., Brody, M.A. (1986). Mechanics of translation and rotation during conventional and handspring soccer throw-ins. *International journal of sport biomechanics*, 2, 301-315.
- Papaspyrou, A., Bogdanis, G.C., Souglis, A., Theos, A., Sotiropoulos, A., Maridaki, M. (2007). Power output during repeated maximal sprints is better maintained after maximal strength training compared to hypertrophy training in soccer players. *Journal of Sports Sciences and Medicine, Suppl. 10*, 175.
- Reilly, T., Williams, M. (2003). *Science and Soccer*. UK: Routledge Ed.