

Diferencias biomecánicas entre jugadores principiantes y de alto rendimiento en el lanzamiento en salto en baloncesto

F.J. ROJAS¹, A. SÁNCHEZ¹, M. CEPERO², V.M. SOTO¹, M. GUTIÉRREZ¹

¹ Departamento de Educación Física y Deportiva
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada

² Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Jaén

Resumen

La valoración y el aprendizaje de la técnica del lanzamiento en salto en baloncesto están relacionados con el conocimiento de la diferencias existentes en la ejecución técnica de este gesto entre jugadores con diferente nivel de rendimiento. Las diferencias obtenidas en las variables biomecánicas, entre los tres niveles de rendimiento establecido, ha aportado los aspectos claves en los que debemos focalizar nuestra atención durante la ejecución de este gesto. La muestra que se ha utilizado para realizar esta investigación ha estado compuesta por jugadores representativos de tres niveles de rendimiento, analizándose los lanzamientos mediante la metodología de análisis tridimensionales de video (50 Hz). En general, se puede afirmar que las diferencias halladas entre jugadores de alto rendimiento y jugadores en fase de aprendizaje tienen su fin en la fase final de salida del balón, en donde los jugadores con menor nivel de rendimiento lanzan en trayectoria ascendente del centro de gravedad con el objeto de poder aplicar al balón una gran velocidad de salida. Por lo que se deduce que no existe un modelo teórico universal aplicable del alto rendimiento a jugadores en proceso formativo.

Palabras clave: Biomecánica, Aprendizaje Motor, Baloncesto, Lanzamiento en salto

Summary

The valuation and the learning of the technique of the jump shot in basketball are related to the knowledge of the existing differences in the technical execution of this gesture between player with different performance. The differences obtained in the biomechanics variables in those which has been obtained statistically significant difference among the three established levels have provided us the key aspects in those which should aim our attention during the execution of this gesture. The sample that it has been used to accomplish this investigation has been compound by representative players of three performance levels, being analyzed the jump shots through the three-dimensional analysis methodology of video (50 Hz). It can be asserted that exist differences in the biomechanics variables between high-performance and players in learning phase therefore is deduced that it does not exist an applicable universal theoretical model of the high performance to player in process formative.

Keywords: Biomechanics, Motor Learning, Basketball, Jump shot

Correspondencia:

F. Javier Rojas Ruiz

Departamento de Educación Física y Deportiva.

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Universidad de Granada.

Crtra. de Alfacar s/n 18071 Granada (Spain).

Introducción

En general, se puede decir que, las diferencias técnicas existentes entre el lanzamiento en salto en los jugadores de baloncesto, residen en la interdependencia entre factores que proceden de sus propias cualidades físicas, parámetros antropométricos y procesos de aprendizaje^{1,2}. La evidencia de esta afirmación general puede distinguirse fácilmente durante el desarrollo del juego. Por el contrario, cuando observamos un gesto técnico aislado, las diferencias aparentes no son tan notables, incluso entre jugadores con diferente nivel de rendimiento, y por ello la obtención a través de estudios discriminativos entre jugadores es de gran importancia para el proceso de valoración y aprendizaje de la técnica utilizada.

Los estudios relativos a los factores discriminativos del lanzamiento en salto entre jugadores de diferentes niveles han puesto de manifiesto que existen diferencias significativas entre ciertas variables temporales. En este sentido, los jugadores de mayor nivel incrementan el período de tiempo que dura el salto y la acción dinámica que se ejerce sobre el balón durante el vuelo^{3,4}, además de lanzar en una posición más estable.

En el estudio de la cadena cinética, algunas investigaciones han analizado los ajustes de jugadores jóvenes a diferentes balones y alturas de la canasta^{5,6}. Satern (1990)⁷ comprobó que jugadores profesionales de ambos sexos utilizaban desplazamientos secuenciales de la articulaciones (modelo secuencial), mientras que jugadores en fase de aprendizaje realizaban desplazamientos simultáneos de sus articulaciones (modelo de empuje), justificándose dichas diferencias en la menor fuerza que poseen los jugadores noveles.

Otros autores^{4,6,8} observaron que los lanzadores profesionales durante el lanzamiento en salto realizaban un menor desplazamiento horizontal de su centro de gravedad que los lanzadores no profesionales. Satern (1993)⁹ ha demostrado que existe un pequeño desplazamiento hacia delante en jugadores profesionales pero sólo para los lanzamientos de larga distancia, por lo que el factor fuerza necesaria para generar una gran velocidad de salida del balón, puede ser el causante de modificaciones en las posiciones segmentarias. Otros estudios^{10,11} han confirmado que los jugadores profesionales mantienen el tronco cerca de la vertical en el momento del lanzamiento. Esta posición del tronco implica mayor estabilidad y un incremento de la altura de salida del balón.⁶

En cuanto a las modificaciones segmentarias y la acción del brazo ejecutor en el lanzamiento, se ha demostrado⁸ que jugadores profesionales tienden a comenzar el lanzamiento con una mayor flexión del codo que jugadores de menor nivel. Diferentes estudios^{6,8,12}, en donde se modificaba la distancia del lanzamiento, no encontraron diferencias con respecto al ángulo del codo en el instante de salida del balón, pero sí las hallaron en los ángulos del hombro y de la muñeca en ese mismo momento, incrementándose ambos, mientras la acción de las piernas permanecía constante.

La velocidad de salida del balón es otro de los factores determinantes en el lanzamiento, estudios teóricos han mostrado que para un ángulo de salida dado, la variabilidad de la velocidad es sólo del 1 por ciento^{13,14}. Toyoshima y cols. (1985)¹⁵, han analizado las diferencias entre lanzamientos convertidos y errados para diversas distancias, concluyendo que la velocidad inicial del balón en el momento de la salida de la mano era el valor que más fluctuaba entre dichos lanzamientos. Esta velocidad está relacionada con el ángulo de salida del balón, una mínima variación de uno de ellos, conlleva una modificación en el otro parámetro, de hecho, cada lanzamiento requiere unos rangos de ángulos y velocidades determinados^{12,13,16}. Satern (1993)¹⁷ ha analizado la vinculación entre el ángulo y la velocidad de salida en relación con la distancia de lanzamiento, concluyendo con que un incremento de la distancia de lanzamiento determina una disminución del ángulo y una elevación de la velocidad de salida del balón.

En cuanto a la contribución de la velocidad del cuerpo sobre la velocidad de salida del balón, será más importante en medias y largas distancias al aro, y en jugadores de menor fuerza, produciéndose la salida del balón en la trayectoria ascendente del centro de gravedad^{1,16}, mientras que en cortas distancias lanzan en la altura máxima del salto, siendo la contribución corporal cercana a cero, ya que se precisa, una velocidad de salida del balón pequeña¹².

Por lo tanto, el presente estudio pretende determinar las diferencias entre los factores biomecánicos en jugadores con diferente nivel de rendimiento del lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto, medido en un protocolo que bloquea los factores de variabilidad intrasujeto del lanzamiento, y utilizándose las técnicas de análisis tridimensionales.

Método

Sujetos

Los jugadores seleccionados están encuadrados en tres grupos según el nivel de rendimiento deportivo, el cual se ha valorado en función de la categoría del equipo en el que juegan, considerando a los jugadores representativos de cada nivel y suficientemente diferenciados. Siguiendo un orden de categorías o nivel, se denominarían:

- a) profesionales de alto nivel
- b) primera división nacional no profesional
- c) escolares.

Las características de los tres grupos los podemos obtener en la Tabla 1.

Filmaciones y selección de los lanzamientos

En este estudio se ha utilizado la metodología de análisis tridimensional de video, utilizando dos cámaras (50 Hz), colocadas de forma perpendicular según indica la Figura 1. Una vez realizado el calentamiento, se procedió a la ejecución del protocolo experimental (Figura 1). La posición de partida comienza en la zona central del campo (posición S), desde esa posición el jugador se desplaza corriendo sobre una línea hacia la posición final de lanzamiento. Durante su desplazamiento, el lanzador recibe un balón enviado por un jugador situado en la posición P. En el instante de recibir el balón, el jugador realiza una parada y finaliza con la ejecución del lanzamiento. El oponente colocado en la proyección horizontal del aro, O, permanecía en esa posición hasta el momento en el que el balón salía de las manos del pasador, en ese instante se dirigía a interceptar la trayectoria del balón, simulando una acción real de juego.

Se seleccionaron un lanzamiento de cada jugador utilizando como criterio el enceste conseguido sin tocar ni el aro ni el tablero.

El modelo humano diseñado para el análisis se corresponde con un modelo alámbrico formado por 14 segmentos, y el balón, utilizándose los parámetros inerciales aportados por de Leva (1996)¹⁸. La digitalización de las imágenes han permitido obtener las coordenadas de cada punto, para

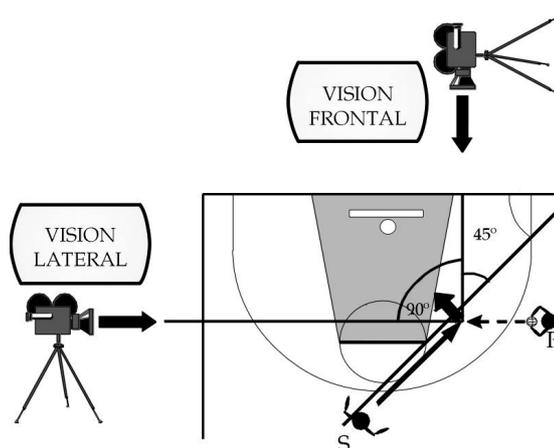


Figura 1. Protocolo experimental utilizado.

posteriormente suavizar e interpolar a 100 Hz mediante splines de 5° orden¹⁹. Las coordenadas tridimensionales se han obtenido mediante el procedimiento de DLT (Transformación Lineal Directa)²⁰. Una vez obtenidas las coordenadas tridimensionales se han obtenido cada una de las variables biomecánicas que definen la eficacia del gesto.

Selección de variables

Tras seleccionar las variables, el criterio de agrupamiento de las mismas, se ha realizado siguiendo a Hudson (1985)⁴, mediante el cual se han tenido en cuenta dos tipos de variables:

a) *variables de producto*, que determinan la consecuencia final de lo que ha ocurrido durante el gesto y que corresponden con el ángulo, la velocidad y la altura de salida del balón.

b) *variables de proceso*, consideradas como las causas más significativas que determinan la eficacia del gesto durante su ejecución, y clasificadas en tres grupos:

b1) Variables temporales: Obtenidas en función de las posiciones espaciales adoptadas por el jugador y el balón en el transcurso del lanzamiento. Las posiciones espaciales que han determinado las fases del gesto han sido las siguientes: T1: Recepción del balón, T2: Contacto de uno o ambos pies

Tabla 1. Características de la muestra seleccionada.

Categoría	N	Talla	Peso	Edad
Profesionales de alto nivel	7	1.95 (±0.08)	92.23 (±10.64)	24.21 (±2.82)
1ª División Liga Nacional no profesional	7	1.97 (±0.10)	90.05 (±11.12)	23.30 (±2.64)
Escolares	7	1.80 (±0.15)	77.17 (±12.22)	16.31 (±0.08)

con el suelo para saltar, T3: Instante en que el balón alcanza la mínima cota vertical, T4: Instante en que el CG del sistema jugador y balón alcanza el valor mínimo de su cota vertical, T5: Despegue de ambos pies del suelo, T6: Momento en que el balón abandona las manos del jugador y T7: 0.02 s después de la salida del balón. Las variables las hemos denominado:

- Tiempo de Carrera, $T(t1-t2)$,
- Tiempo de Impulso de Frenado, $T(t2-t4)$
- Tiempo de Impulso de Aceleración, $T(t4-t5)$
- Tiempo de Vuelo, $T(t5-t6)$
- Tiempo Total, $T(t1-t6)$.

(b2) Variables espaciales, seleccionándose las posiciones más significativas adoptadas por los segmentos y el balón.

- Ángulo de salida del CG en T5, (θ CG (t5)), calculado mediante el vector posición del CG en T5 y en el siguiente fotograma, con respecto a la horizontal.

Las tres siguientes variables valoran las posiciones adoptadas por el CG con respecto al centro geométrico de la base de sustentación (punto medio de la recta que une los puntos medios de las distancias entre ambos talones y puntas de los pies), en t4, t5 y t6, DCG-cb. (T4), DCG-cb. (T5), y

DCG-cb. (T6) respectivamente.

La quinta variable relativa a la posición adoptada por el CG, se refiere al desplazamiento horizontal del CG, desde el instante del despegue de los pies del suelo hasta la salida del balón de las manos del jugador, DCG.(t5-t6).

Entre las relacionadas con las posiciones segmentarias adoptadas por el jugador en las distintas fases del gesto se han seleccionado ocho variables:

- Ángulo de la rodilla y del codo en la mínima cota vertical del CG, θ rodilla (t4) y θ codo (t4), respectivamente.

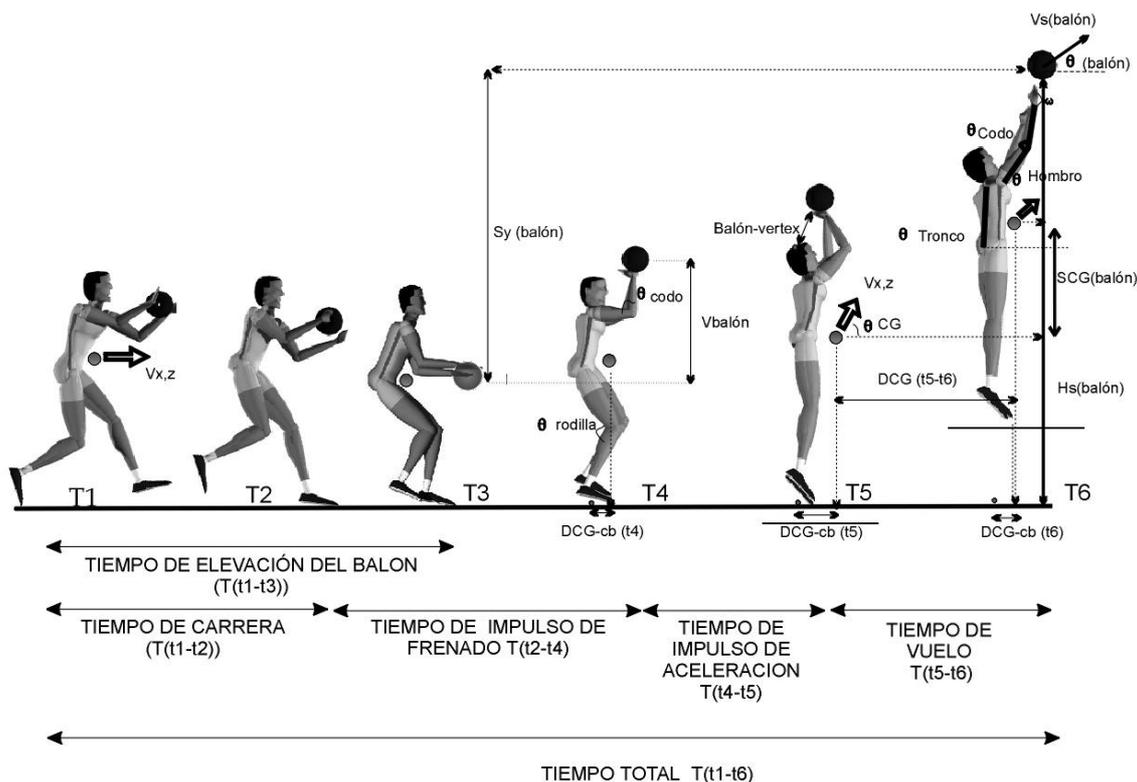
- Distancia balón-vértex en el despegue, Balón-vértex (t5), indica la distancia del balón en el momento del despegue con respecto al cuerpo.

- Desplazamiento vertical del balón, $Sy(\text{balón})$, definido por la diferencia entre altura del lanzamiento y mínima cota alcanzada por el balón, y relativizándolo con respecto a la altura del sujeto, $\%Sy(\text{balón})$.

En el momento de salida del balón, se han seleccionado las siguientes variables:

- Ángulo de inclinación del tronco, θ tronco (t6), formado por la línea que une los puntos medios entre ambos hombros y ambas caderas y el plano del suelo

Figura 2. Representación gráfica de las variables cinemáticas analizadas.



(Miller y Bartlett, 1996).

- Ángulo de flexión del hombro ejecutor, θ hombro (t_6), formado por la línea que une la articulación del hombro y el codo y la línea del tronco definida como la unión de los puntos medios de caderas y hombros.

- Ángulo del codo en la salida del balón, θ codo (t_6), correspondiéndose con el ángulo formado por las líneas que unen los centros articulares de la muñeca, el codo y el hombro.

Tras la salida del balón se ha registrado:

- Ángulo del codo 0.04s tras la salida del balón de la mano, θ codo (t_7).

(b3) Variables relativas a las velocidades desarrolladas, valorándose cinco variables con el propósito de deducir la estabilidad durante las distintas fases del lanzamiento, la velocidad del balón y la velocidad angular de la muñeca.

Las tres primeras hacen mención a la velocidad del CG del jugador; concretamente, a la velocidad del CG en el plano transversal del sistema de referencias inercial en los instantes de recibir el balón, en el despegue del suelo, y en el momento de salida del balón $V_{x,z}(t_1)$, $V_{x,z}(t_5)$ y $V_{x,z}(t_6)$ respectivamente.

- $V_{\text{balón}}(t_3-t_4)$: Velocidad media del desplazamiento vertical del balón desde la mínima cota del balón (t_3), hasta el comienzo del impulso de aceleración (t_4).

- Velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón, ω muñeca (t_6).

En la Figura 2 se representan las variables biomecánicas analizadas.

Análisis estadístico

Los datos han sido analizados a través de la aplicación de la estadística descriptiva, aportando medias y desviaciones típicas y de un análisis inferencial, aplicando la prueba de análisis de la varianza de medidas repetidas (ANOVA) entre los

grupos establecidos, para estudiar los efectos de las variables independientes sobre las dependientes.

Resultados y discusión

Variables de producto

En general se puede decir que ha existido significación ($p < 0.01$) en todas las variables de producto, Tabla 2; sólo en el caso de la altura máxima del salto (**SCG(balón)**), la significación ha sido menor ($p < 0.05$). Del análisis de la estadística descriptiva se puede comprobar cómo las mayores diferencias persisten en todos los casos con el grupo escolar, siendo mayor en las variables relacionadas con el desplazamiento del balón (ángulo y velocidad) y menores cuando las variables se refieren a la altura del salto.

Con respecto al ángulo de salida del balón (q **balón**), se comprueba que el ángulo aumenta conforme disminuye el nivel (alto nivel, división nacional y escolar), dándose el incremento más sustancial en el grupo de escolares (figura 3). En la prueba de contrastes (tabla 3), se ratifica que las diferencias significativas persisten cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional con el de escolares, siendo el ángulo de salida del balón (θ balón) obtenido en el grupo escolar, significativamente mayor que en el resto de los grupos, mientras que no han existido diferencias entre los grupos de alto nivel y división nacional.

Los datos expuestos referentes a los grupos de alto nivel y división nacional, en relación al ángulo de salida (θ balón), coinciden con los descritos por Elliot (1992)²¹ y Rojas (1997)² cuando analizan el lanzamiento a canasta en salto y éstos son relativamente inferiores a los descritos por otros autores^{11,15,16,17}. Por el contrario, los datos obtenidos por el grupo escolar son sensiblemente superiores a los descritos por todos los autores antes citados.

Las diferencias encontradas entre grupos, pue-

Tabla 2. Resultados de las variables de producto.

N	Profesional		Liga Nacional		Escolares		F	p
	7	SD	7	SD	7	SD		
Ángulo de salida del balón, θ (balón)	43.69	4.23	46.15	8.63	56.53	6.09	7.537	0.004**
Velocidad de salida del balón, V_s (balón)	6.10	0.65	5.81	1.13	7.52	0.42	9.530	0.001**
Altura de salida del balón, H_s (balón)	2.87	0.26	2.78	0.17	2.46	0.21	6.667	0.007**
% con respecto a la altura del jugador, % H_s (balón)	147.52	10.28	144.19	8.45	136.86	11.90	1.962	0.169
Altura máxima del salto, SCG(balón)	0.38	0.15	0.37	0.12	0.20	0.10	4.588	0.025*
% con respecto a la salida del balón, % SCG(balón)	91.00	15.51	86.92	10.16	54.48	27.87	7.504	0.004**

(** $p \leq 0.01$) (* $p \leq 0.05$)

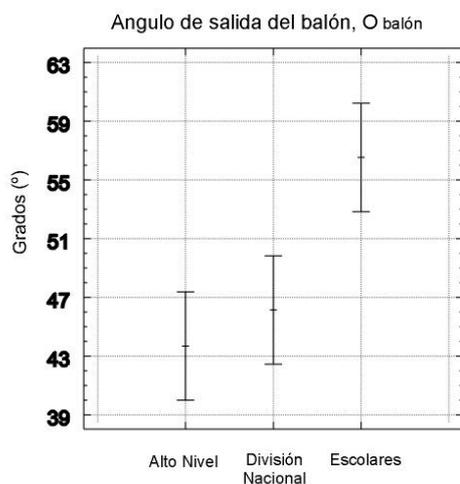


Figura 3. Análisis de varianza sobre la variable ángulo de salida del balón, (θ (balón)).

Tabla 3. Prueba de contraste de la variable ángulo de salida del balón, θ balón, sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN = División Nacional y GE = Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD			
Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
AN	7	43.690000	X
DN	7	46.145714	X
GE	7	56.532857	X
contrast		difference	+/- limits
AN - DN		-2.45571	7.38005
AN - GE		-12.8429	7.38005 *
DN - GE		-10.3871	7.38005 *

* denotes a statistically significant difference.

den deberse al incremento de la altura de salida del balón, provocado generalmente por la mayor altura de los grupos de alto nivel y división nacional con respecto al grupo escolar¹³.

Otra posible explicación del incremento del ángulo de salida del balón en jugadores escolares, puede estar motivado por el incremento de la velocidad de salida del balón, al producirse cuando el CG aún está ascendiendo, lo que le permite aprovecharse de la velocidad ascendente del CG, para incrementar la velocidad de salida del balón, como expresa Hochmuth (1973)²² al describir el principio biomecánico de Impulsos Parciales.

Sobre la velocidad tangencial de salida del balón ($V_s(\text{balón})$), su comportamiento es similar al descrito para el ángulo de salida del balón, posiblemente debido a que dichos parámetros deben de tener una cierta relación si consideramos la ecuación

de los proyectiles²³. Analizando la estadística descriptiva, la menor velocidad la obtiene el grupo de división nacional, aunque debemos de considerar que las desviaciones típicas son relativamente altas. El grupo de nivel escolar obtiene la mayor velocidad de salida, con una desviación típica de los datos relativamente pequeña ($M=7.52$, $SD=0.42$).

Respecto a la variable altura de salida del balón ($H_s(\text{balón})$), tomada en valores absolutos y analizando su estadística descriptiva, se comprueba que el grupo que obtiene una mayor altura es el de alto nivel, seguido del grupo de división nacional y por último el de escolares, siendo la media de éste último grupo sensiblemente menor que el resto. Cuando estos valores se relativizan con respecto a la altura de los jugadores ($\%H_s(\text{balón})$) no se ha encontrado significación alguna, por lo que podemos deducir que el factor talla ha sido el causante de las diferencias descritas con anterioridad

Los estudios llevados a cabo por Miller y Bartlett (1996)¹ y Rojas (1997)² relativos a la altura de salida del balón durante la ejecución de un lanzamiento a canasta en salto, ponen de manifiesto que al margen de la talla del jugador existen factores posicionales relativos a los segmentos que inciden sobre dicho factor, como el ángulo del hombro y codo en el instante de soltar el balón.

Sobre la altura máxima del salto, desde que despegamos hasta que suelta el balón ($SCG(\text{balón})$) y analizando los resultados expuestos en relación a la estadística descriptiva, la mayor diferencia se obtiene en el grupo escolar, siendo su altura máxima de salto inferior al resto de los grupos.

Cuando este dato se refiere al porcentaje con respecto a la altura máxima alcanzada por el CG, ($\% SCG(\text{balón})$) la significación aumenta a $p < 0.005$, lo que nos permite afirmar que los jugadores de alto nivel sueltan el balón muy próximo a la altura máxima del salto, mientras que el grupo escolar lo hace próximo a la mitad del recorrido vertical del CG, y de aquí se derivan las diferencias encontradas en el ángulo y la velocidad de salida del balón.

Aunque los criterios básicos de eficacia son lanzar en el menor tiempo posible^{2,24,25} y lo más alto posible², con el propósito de dificultar la acción del oponente. Estos dos factores deben de tener un cierto compromiso^{26,27}, ya que el incremento de la altura de salida del balón (factor positivo en la eficacia), conlleva un incremento del Tiempo de Vuelo (t_5-t_6) y por consiguiente un mayor Tiempo Total (t_1-t_6), (factor negativo en la eficacia).

Según el análisis de los datos expuestos, se puede decir que el desplazamiento vertical del CG en todos los grupos es similar y las diferencias entre grupos parten en que el grupo de escolares suelta el balón antes de llegar a la máxima altura de salto, modificando esta variable el resto de las variables de producto, por lo que cabe plantearse que esta diferencia puede estar motivada por dos causas: **a)** la precipitación debida a la presión del defensor, o **b)** la falta de fuerza necesaria para imprimir la velocidad adecuada al balón. En la Figura 4 se representan las diferencias obtenidas entre los grupos de alto nivel y escolares.

Variables de proceso. Variables temporales.

Con respecto al análisis temporal, Tabla 4, se han obtenido diferencias significativas en el tiempo de carrera ($T(t1-t2)$), y tiempo de vuelo ($T(t5-t6)$), a un nivel de significación, $p < 0.01$ y $p < 0.005$, respectivamente, y ciertas diferencias en el tiempo

de impulso de frenado ($T(t2-t4)$), y tiempo total ($T(t1-t6)$) a nivel de $p < 0.05$, mientras que en el tiempo de descenso del balón ($T(t1-t2)$) y de impulso de aceleración ($T(t4-t5)$), no se han encontrado diferencias significativas entre grupos.

La variable temporal de proceso donde mayor significación se ha obtenido, ha sido en el Tiempo de Vuelo ($t5-t6$) ($p < 0.001$), manteniéndose las diferencias más sustanciales con respecto al grupo escolar, donde el Tiempo de Vuelo es sensiblemente inferior al resto de grupos. Considerando que la altura del salto es similar en todos los grupos, si el grupo escolar suelta el balón en trayectoria ascendente del CG, el Tiempo de Vuelo, que corresponde al período comprendido desde el despegue hasta que suelta el balón, será sensiblemente menor que el resto de grupos que suelta el balón muy próximo a la altura máxima, alcanzado por el CG durante el salto.

Con respecto al Tiempo de Carrera ($t1-t2$), sólo se han obtenido ciertas diferencias entre grupos ($p < 0.01$), aunque dichas diferencias sólo persisten cuando se cruza el grupo de división nacional con el de alto nivel. Rojas (1997)² utilizando un protocolo similar al propuesto en este estudio, encuentra que la dispersión de los datos obtenida entre los sujetos de un mismo grupo, en el Tiempo de Carrera ($t1-t2$) es relativamente grande, lo que confirma los resultados obtenidos en este estudio, ya que las desviaciones típicas obtenidas en nuestro estudio se pueden considerar importantes (*Alto Nivel* : $M=0.07$, $SD=0.08$; *División Nacional* : $M=0.18$, $SD=0.07$ y *Escolares* : $M=0.07$, $SD=0.05$). Estos resultados parecen lógicos, ya que el tiempo de carrera comprende desde que el jugador recibe el balón hasta que toma contacto en el suelo con el primer apoyo y este periodo de tiempo está condicionado por el instante en que se produce el pase y la

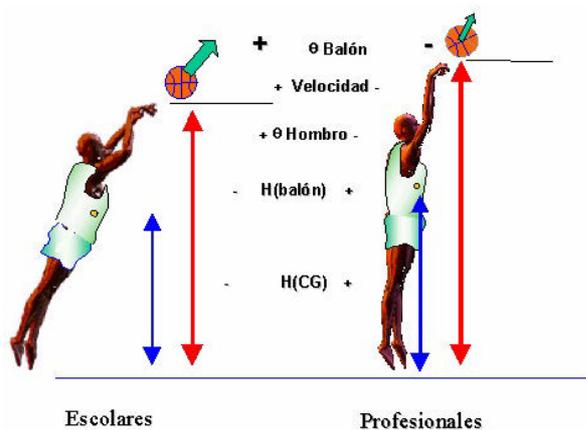


Figura 4. Representación gráfica de las diferencias encontradas en la fase final de lanzamiento.

Tabla 4. Resultados de las variables de proceso: a) Variables temporales.

	Profesionales		Liga Nacional		Escolares		F	p
	M	SD	M	SD	M	SD		
Tiempo de carrera, $T(t1-t2)$	0.07	0.08	0.18	0.07	0.07	0.05	6.190	0.009**
Tiempo comienzo elevación del balón, $T(t1-t3)$	0.16	0.07	0.14	0.05	0.14	0.05	0.169	0.845
Tiempo de impulso de frenado, $T(t2-t4)$	0.29	0.04	0.30	0.06	0.37	0.06	5.787	0.012*
Tiempo de impulso de aceleración, $T(t4-t5)$	0.16	0.04	0.16	0.02	0.20	0.04	2.396	0.119
Tiempo de vuelo, $T(t5-t6)$	0.24	0.09	0.22	0.09	0.08	0.06	8.577	0.002*
Tiempo total, $T(t1-t6)$	0.76	0.12	0.86	0.09	0.71	0.05	4.596	0.024*

(** $p < 0.01$) (* $p < 0.05$)

posición adoptada por el jugador en el momento de recepción del balón, especialmente de la posición del pie que toma contacto con el suelo en primer lugar.

Con respecto al Tiempo de Impulso de Frenado (t2-t4), se han obtenido ciertas diferencias entre grupos a un nivel de $p < 0.05$ siendo mayor conforme disminuye el nivel del grupo (*Alto Nivel* : $M=0,29$, $SD=0,04$; *División Nacional* : $M=0,30$, $SD=0,06$; *Escolares* : $M=0,37$, $SD=0,06$ respectivamente). Este hecho puede deberse al factor fuerza, aunque debemos considerar que la velocidad de desplazamiento no es excesiva y por tanto no es necesario aplicar demasiada fuerza para frenar el movimiento. Creemos que este hecho puede deberse a ciertos condicionantes que implican al proceso de aprendizaje, siendo este último planteamiento objeto de otras investigaciones futuras.

Se ha comentado que el tiempo total es un factor de eficacia en el lanzamiento a canasta^{2,24,25}, así, cuando el tiempo total disminuye, las posibilidades de oposición del defensor son menores. Si, atenemos a los resultados obtenidos en este trabajo con respecto al tiempo total (*Alto Nivel* : $M=0,76$, $SD=0,12$; *División Nacional* : $M=0,86$, $SD=0,09$ y *Escolares* : $M=0,71$, $SD=0,05$), el grupo escolar

obtiene el menor tiempo total y conseguiría el mejor resultado, pero este hecho es engañoso cuando se analizan las fases, ya que reduce el Tiempo Total (t1-t6) a expensas de reducir el Tiempo de Vuelo (t5-t6), lo que incidiría negativamente en el segundo factor de eficacia del lanzamiento a canasta que es la altura de salida del balón, por lo que el compromiso entre estos dos factores no se puede considerar adecuado. Mientras que el grupo de alto nivel consigue un equilibrio adecuado entre tiempo total ($T(t_1-t_6)$) y altura de salida del balón ($Hs(\text{balón})$). Según el análisis de los resultados consideramos que los procesos de aprendizaje en los gestos técnicos que se desarrollan en la competición de baloncesto deberían ir orientados a obtener unos compromisos adecuados entre los factores de eficacia.

Variables de proceso. Variables relativas a las posiciones espaciales.

De las catorce variables analizadas, Tabla 5, referidas a las posiciones espaciales adoptadas por los jugadores, sólo en dos de ellas (distancia balón-vértex en el momento del despegue (balón-vértex(t5)) y ángulo de flexión del hombro en la salida del balón (θ hombro(t6)), se han obtenido

Tabla 5. Resultados de las variables de proceso: b) Variables de posiciones espaciales.

	Profesionales		Liga Nacional		Escolares		F	p
	M	SD	M	SD	M	SD		
Ángulo despegue del suelo CG, ? CG (t5)	79.02	5.24	77.90	7.45	70.77	8.28	2.778	0.089
Distancia comprendida entre la proyección del CG con respecto al centro de la base de sustentación en: la posición más baja del CG DCG-cb.(t4)	0.18	0.07	0.21	0.06	0.22	0.08	0.652	0.533
el despegue. DCG-cb.(t5)	0.13	0.04	0.15	0.05	0.16	0.06	0.514	0.606
la salida del balón. DCG-cb.(t6)	0.11	0.04	0.13	0.02	0.15	0.06	1.494	0.251
Distancia comprendida entre la proyección del CG desde despegue hasta el lanzamiento DCG (t5-t6)	0.10	0.04	0.23	0.07	0.19	0.10	4.977	0.019*
Ángulo de la rodilla al comienzo del impulso de aceleración, ? rodilla (t4)	108.71	4.39	103.97	8.38	101.86	11.30	1.192	0.326
Ángulo codo en la mínima cota del CG, ? codo (t4)	77.14	15.70	66.14	9.82	64.86	10.38	2.124	0.149
Distancia balón-vértex en el momento del despegue Balón-vértex (t5)	0.27	0.04	0.26	0.04	0.40	0.09	11.565	0.001**
Desplazamiento vertical balón Sy(balón)	1.82	0.45	1.78	0.27	1.49	0.19	2.236	0.136
% con respecto a altura sujeto Sy(balón)	93.20	20.88	92.14	13.61	78.55	12.97	1.776	0.198
Ángulo de inclinación del tronco en la salida del balón, ? tronco (t6)	82.06	1.98	81.43	1.62	81.26	2.54	0.287	0.754
Ángulo de flexión del hombro en la salida del balón, ? hombro (t6)	136.51	6.94	167.68	6.21	170.19	6.39	57.92	0.000**
Ángulo codo en salida del balón, ? codo (t6)	126.34	13.50	119.80	14.51	130.40	10.32	1.203	0.323
Ángulo del codo tras salida del balón, ? codo (t7)	150.23	5.13	144.06	16.01	151.94	7.16	1.080	0.361

(** $p \leq 0.01$) (* $p \leq 0.05$)

diferencias significativas claras, a nivel de ($p < 0.001$). Con respecto a la variable distancia comprendida entre la proyección del CG entre el despegue y el lanzamiento (**DCG(t5-t6)**) se ha encontrado una significación a nivel de $p < 0.05$, mientras que en las restantes once variables no se ha encontrado significación alguna.

Esta última variable indica que los jugadores jóvenes con menor fuerza y talla lanzan en trayectorias ascendentes del centro de gravedad, como hemos señalado previamente, proyectándolo fuera de la base de sustentación, perdiendo el equilibrio y la estabilidad que demandan estos lanzamientos de precisión^{11,26}, problema que debe ser resuelto con la utilización de balones más pequeños y canastas más bajas, que permitirán mejorar la técnica individual y el rendimiento^{29,30,31}.

Aunque en el ángulo de despegue (**q CG(t5)**), no han existido diferencias significativas, es necesario destacar analizando la estadística descriptiva que el grupo escolar despega con un ángulo sensiblemente menor que los dos grupos restantes.

En lo referente a la distancia comprendida entre la proyección del CG desde el despegue hasta el lanzamiento (**DCG(t5-t6)**), se han encontrado ciertas diferencias entre grupos ($p < 0.05$). Según se puede observar en la estadística descriptiva, el grupo de alto nivel es el que mantiene un desplazamiento horizontal menor ($M=0,10$ y $SD=0,04$), es decir, el que realiza un salto más vertical. Este hecho confirma que los jugadores de alto nivel saltan más vertical que el resto de los grupos, lo que también ratifican otros autores^{12,17} al estudiar jugadores profesionales y determinar que este factor ayuda a mantener el ángulo y altura de salida del balón, y mantener una posición más estable de lanzamiento.

En cuanto a la variable (**balón-vértex(t5)**), se han obtenido diferencias significativas entre los grupos ($p < 0.001$). Del análisis de la estadística descriptiva se deduce que tanto el grupo de alto nivel como el de división nacional mantienen valores muy similares, mientras que en el grupo escolar dicha distancia es sensiblemente mayor.

Para comprobar las diferencias entre cada uno de los grupos se ha realizado una prueba de contrastes (tabla 6), donde se ratifica que las diferencias persisten cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional con el escolar, mientras que no se han encontrado diferencias cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional. Este hecho puede ser significativo en la eficacia del lanzamiento a canasta con oposición tras des-

Tabla 6. Prueba de contraste de la variable dependiente Balón-vértex (t5) sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional, y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD			
Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
DN	7	.2557143	X
AN	7	.2685714	X
GE	7	.4042857	X
contrast		difference	+/- limits
AN - DN		0.01286	0.07194
AN - GE		-0.13571	0.07194 *
DN - GE		-0.14857	0.07194 *

* denotes a statistically significant difference.

plazamiento previo, ya que un incremento de esta distancia supone tener el balón más alejado del cuerpo, aumentando las posibilidades de pérdida, por acción del oponente durante la ejecución del gesto.

Por último, con respecto al ángulo de flexión del hombro en la salida del balón (**q hombro(t6)**), se han obtenido diferencias significativas entre grupos ($p < 0.001$), constatándose en la estadística descriptiva que dicho ángulo se incrementa progresivamente desde el grupo de alto nivel hasta el escolar, siendo sensiblemente inferior el de alto nivel.

Siguiendo a diversos autores^{1,2,8,26}, en el resto de las variables referidas a las posiciones segmentarias adoptadas por los jugadores de los diferentes grupos, están condicionadas por la distancia del lanzamiento, lo que confirma el hecho de no haber encontrado en nuestro estudio diferencias significativas al estar el factor distancia bloqueado.

Variables de proceso: velocidades desarrolladas

Sobre este grupo de variables, Tabla 7, se puede decir que han existido diferencias significativas entre grupos a nivel de $p < 0.005$, en la variable velocidad media de subida del balón desde la mínima cota hasta el comienzo del impulso de aceleración (**Vbalón(t3-t4)**), obteniendo la mayor velocidad el grupo de alto nivel, mientras que en el grupo escolar la velocidad es sensiblemente inferior. Este hecho se comprueba en la prueba de contrastes, aunque sólo se obtiene significación cuando se cruzan los grupos de alto nivel y escolar (tabla 8). Podemos considerar que este es un dato relevante en la eficacia del lanzamiento a canasta en suspensión con oposición y carrera previa, debido a dos aspec-

Tabla 7. Resultados de las variables de proceso: c) Variables de velocidades desarrolladas.

	Profesionales		Liga Nacional		Escolares		F	p
	M	SD	M	SD	M	SD		
Velocidad CG plano transversal en el instante de: recibir el balón, $V_{x,z}(t1)$	1.91	0.93	2.92	1.90	2.37	0.54	1.137	0.343
despegue del suelo, $V_{x,z}(t5)$	0.54	0.24	0.59	0.32	0.69	0.35	0.475	0.629
salida del balón, $V_{x,z}(t6)$	0.65	0.16	1.01	0.48	1.44	0.59	5.416	0.014*
Velocidad media de subida del balón desde mínima cota hasta comienzo impulso aceleración $V_{balón}(t3-t4)$	4.42	1.64	3.27	0.57	2.15	47	8.298	0.003**
Velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón, ? muñeca (t6)	22.14	6.68	14.62	2.94	18.74	7.15	2.856	0,08

($p \leq 0.01$) ($p \leq 0.05$)

tos significativos: **a)** un incremento de dicha velocidad implica que la fuerza ejercida contra el suelo durante el impulso de frenado sea mayor, lo que posiblemente haya permitido que el tiempo de impulso de frenado sea menor debido al incremento de la fuerza, por acción segmentaria, y **b)** dificulta la acción del oponente.

Respecto a la velocidad del CG en el plano transversal en el instante de salida del balón ($V_{x,z}(t6)$), también se han encontrado ciertas diferencias estadísticas entre los grupos, aunque en este caso los valores de significación han sido de $p < 0.05$. Analizando la estadística descriptiva, el grupo que obtiene menor velocidad es el de alto nivel y la mayor, el escolar, lo que nos permite deducir que: **a)** el grupo de alto nivel convierte la velocidad horizontal en vertical de forma más eficaz que el resto de grupos, y **b)** que el salto se realiza más vertical. La prueba de contrastes nos permite confirmar que persisten diferencias, con respecto a este dato, entre el grupo de alto nivel y el escolar, mientras que

cuando se cruza el resto de los grupos no se han encontrado diferencias.

El hecho de que no existan diferencias significativas en la componente horizontal de la velocidad, tanto en el instante de recibir el balón ($V_{xz}(t1)$) y en el instante de despegue del suelo ($V_{xz}(t5)$), nos confirma que todos los grupos se desplazan a una velocidad similar, siendo ésta relativamente baja. Este hecho se confirma por los estudios llevados a cabo por Hudson (1985)⁴ donde realizando un estudio de grupos de diferentes niveles técnicos, concluye que los jugadores de mayor nivel lanzan en una posición más estable, es decir, la estabilidad en el lanzamiento a canasta es un factor de eficacia determinante, la cual es más fácil obtenerla utilizando una velocidad de desplazamiento horizontal relativamente lenta si lo permite la defensa o mediante una buena parada.

Otra de las variables en las que no se han obtenido diferencias significativas claras, es la relativa a la velocidad angular que obtiene la articulación de la muñeca en el momento de salida del balón (ω muñeca (t6)), aunque analizando la estadística descriptiva se puede comprobar cómo los jugadores de alto nivel obtienen una velocidad angular mayor. Este dato podría considerarse como un criterio de eficacia determinante para el desplazamiento del balón en el espacio, ya que un incremento de esta variable implica imprimir al balón una mayor velocidad de rotación en sentido contrario a la dirección del lanzamiento, y, en función de la localización de las diferencias de presión producidas por las resistencias aerodinámicas (teorema de Bernouille), el ángulo de entrada del balón en la canasta se incrementa².

Tabla 8. Prueba de contraste de la variable $V_{balón}(t3-t4)$ sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional, y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD			
Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
GE	7	2.1514286	X
DN	7	3.2742857	XX
AN	7	4.4171429	X
contrast		difference	+/- limits
AN - DN		1.14286	1.16874
AN - GE		2.26571	1.16874 *
DN - GE		1.12286	1.16874

* denotes a statistically significant difference.

Conclusiones

Los jugadores escolares lanzan en la trayectoria ascendente de su centro de gravedad lo que implica una disminución mayor de la altura de salida del balón y un aumento de la velocidad y el ángulo de salida del balón que el grupo de alto nivel que lanza cerca de la altura máxima del salto. Este factor puede deberse a dos factores, o a la menor fuerza o a la mayor precipitación del grupo escolar.

La estabilidad conseguida en la ejecución del lanzamiento a canasta en suspensión tras carrera previa en el grupo de alto nivel, mediante una correcta aplicación, entre otras, de velocidades, posiciones espaciales y parámetros temporales, permite obtener mejores resultados. En el gesto analizado, el menor desplazamiento horizontal en el último momento del lanzamiento, permite, por un lado, una gran estabilidad en el lanzamiento, a la vez que evita que el jugador se proyecte hacia el defensor y cometa falta en ataque, y por otro lado, dificulta la acción del oponente al crearle incertidumbre sobre el momento del lanzamiento.

Por lo tanto, la variabilidad entre los diferentes sujetos que consiguen la misma eficacia, demuestra que no existe un modelo técnico único y generalizado, sino que en función de las características de cada jugador y la situación contextual existe un modelo ideal individual y por tanto debe ser un referente en los procesos de aprendizaje de gestos deportivos.

Tampoco podemos decir que el modelo teórico de técnica de un determinado lanzador se pueda ajustar a otro, ya que éste es un modelo personal adquirido por la práctica que es el ideal en ese momento para él. Tampoco podemos decir que el modelo teórico de técnica de lanzamiento a los quince años (grupo escolar) tiene que ser el mismo que a los veinticinco años (grupo profesional) en el mismo deportista cuando han cambiado sus dimensiones, peso, fuerza, etc.

Bibliografía

1. **Miller, S. y Bartlett, R.M.** The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. *Journal of Sports Sciences*. 1996; 14: 243-253.
2. **Rojas, F.J.** *Efecto de la oposición sobre los factores biomecánicos del lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 1997.
3. **Bosc, G. y Grosgeorge, B.** *Guide pratique du basket-ball*. París: Vigot; 1985.
4. **Hudson, J.L.** Prediction of basketball skill using biomechanical variables. *Research Quarterly For Exercise and Sport*, 1985; 56 (2): 115-121.
5. **Juhasz, M. y Wilson, B.D.** Effect of ball size on shooting characteristics of junior basketballers in comparison to adults. *Australian Journal of Sport Sciences*, 1982; 2 (2): 16-20.
6. **Satern, M.N.; Messier, S.P. y Keller-McNulty, S.** The effect of ball size and basket height on the mechanics of the basketball free throw. *Journal of Human Movement Studies*, 1989;16: 123-137.
7. **Satern, M.N.** *Comparison of adult male and female performance on the basketball free throw to that adolescent boys*. VI International Symposium on Biomechanics in Sports, 1990:307-316.
8. **Yates, G. y Holt, L.E.** *The development of multiple linear regression equations to predict accuracy in basketball jump shooting*. I International Symposium of Biomechanics in Sports. 1982:103-109.
9. **Satern, M.N.** *Kinematics parameters of basketball jump shots projected from varying distances*. XI International Symposium of Biomechanics in Sports, 1993: 313-317.
10. **Penrose, T. y Blanksby, B.** Film analysis: Two methods of basketball jump shooting techniques by two groups of different ability levels. *The Australian Journal for Health, Physical Education and Recreation*, 1976:14-23.
11. **White, L. y Elliot, B.C.** A comparison of the female jump shot technique for the two point and three point goals in basketball. *Sports Coach*, 1989; 12 (4): 33-35.
12. **Elliot, B. y White, E.** A kinematic and kinetic analysis of the female two point and three point jump shots in basketball. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 1989; 21 (2): 7-11.
13. **Brancazio, P.J.** The Physics of basketball. *American Journal of Physics*, 1981; 49: 356-365.
14. **Mortiner, E.M.** Basketball shooting. *Research Quarterly*, 1951; 22: 234-243.
15. **Toyoshima, S.; Hoshikawa, T.; y Ikegami, Y.** *Effects of initial ball velocity and angle of projection on accuracy in basketball shooting*. In Biomechanics VII-B (Ed. H.Matsui y K.Kobayashi), Human Kinetics. Champaign, IL. 1985:525-530.
16. **Walters, M., Hudson, J.M. y Bird, M.** *Kinematics adjustments in basketball shooting at three distances*. Proceedings of the VIIIth International Symposium of the Society of Biomechanics in Sports. Praga, 1990: 219-224.
17. **Satern, M.N.** *Kinematics parameters of basketball jump shots projected from varying distances*. XI International Symposium of Biomechanics in Sports, 1993: 313-317.
18. **De Leva, P.** Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics*, 1996; 29 (9): 1223-1230.

19. **Wood, G.A. y Jennings, L.S.** On the use of spline functions for data smoothing. *Journal of Biomechanic*, 1979; 12: 477-479.
20. **Abdel-Aziz, Y.I. y Karara, H.M.** *Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry*. Proc. ASP/UI Symp. Close-Range Photogrammetry, Urbana, Illinois. Falls Church, V.A: American Society of Photogrammetry, 1971: 1-18.
21. **Elliot, B.** A Kinematic comparison of the male and female two-point and three-point jump shots in basketball. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 1992; 24 (4): 111-118.
22. **Hochmuth, G.** *Biomecánica de los Movimientos Deportivos*. Madrid, Doncel.1973.
23. **Miller, S. y Bartlett, R.M.** The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. *Journal of Sports Sciences*, 1993; 11 (4): 285-293.
24. **Pinotti, F.** El tiro es fundamental... como todo. *Clinic*, 1992; 18: 38-39.
25. **Gutiérrez, M.; Soto, V.M. y Santos, J.A.** *Análisis biomecánico del remate de voleibol*. Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Granada. 1992.
26. **Alexander, M.** The application of biomechanics to basketball skills. *CAHPER Journal*, 1990; 56 (3): 4-10.
27. **Knudson, D.** Biomechanics of the basketball jump shot: six key teaching points. *Journal of the physical education, recreation and dance*, 1993; 64: 67-73.
28. **Satern, M.N. y Keller-McNulty, S.** Use of position-time to compare free throw shooting styles of adult male and female basketball players. *Journal of Human Movement Studies*, 1992; 22: 13-33.
29. **Lindeburg, F.A. y Hewitt, J.E.** Effect of an oversized basketball on shooting ability and ball handling. *Research Quarterly*, 1964; 36: 164-167.
30. **Gabbard, C.P. y Shea, C.H.** Effects of varied goal height practice on basketball foul shooting performance. *Coach and Athlete*, 1980; 42: 10-11.
31. **Isaacs, L.D. y Karpman, M.B.** Factors effecting children's basketball shooting performance: A log-linear analysis. *Carnegie School of Physical Education and Human Movement*, 1981; 1: 29-32.