

F. J. ROJAS RUIZ
A. OÑA SICILIA
M. GUTIÉRREZ DÁVILA

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

Valoración de la variabilidad inter e intraindividual en el lanzamiento en salto en baloncesto a través del análisis biomecánico

Evaluation of interindividual and intraindividual variability in basketball jump throws through biomechanical analysis

Resumen

El objetivo del presente estudio ha sido cuantificar las diferencias existentes en la ejecución del lanzamiento en salto analizando la variabilidad intrasujetos e intersujetos. En la mayoría de las investigaciones, donde se pretende estudiar un gesto deportivo desde el punto de vista biomecánico, se selecciona el mejor intento, determinado por el rendimiento obtenido en términos de distancia o altura alcanzada del lanzamiento, descartándose la posibilidad de intravariabilidad entre ensayos. Sin embargo, este aspecto de variabilidad, no debe ser del todo olvidado en gestos como el lanzamiento en salto en baloncesto, donde las condiciones contextuales de su aplicación se modifican constantemente durante la competición y donde la variabilidad intrasujeto podría aportarnos mayor conocimiento de este gesto. La muestra ha estado compuesta por jugadores profesionales de baloncesto pertenecientes a la liga ACB, utilizando la fotografía tridimensional para el análisis del gesto. Los resultados obtenidos, indican que la intervariabilidad es mayor que la intravariabilidad en todas las variables cinemáticas analizadas.

Palabras clave: Análisis biomecánico, control motor, baloncesto, técnicas tridimensionales, variabilidad motora.

Summary

The aim of this study was to quantify differences in the execution of jump throws by analyzing intrasubject and intersubject variability. In most biomechanical studies of athletic moves, the best attempt is selected on the basis of performance in terms of distance or height achieved by jumping. This excludes the possibility of intravariability between trials. However, this aspect of variability should not be overlooked in moves such as jump throws in basketball, where the contextual conditions of the move change constantly during games and where the intrasubject variability could provide a better understanding of the move. In a sample of professional basketball players of the ACB league, three-dimensional photography was used to analyze the move. The results indicate that intervariability was greater than intravariability for all the kinematic variables analyzed.

Key words: Biomechanical analysis. Motor control. Basketball. Three-dimensional techniques. Motor variability.

Introducción

Diversos estudios han identificado la variabilidad inter e intraindividual, en cuanto al gesto deportivo,

como el estudio de la consistencia en la medida de sucesivos ensayos de un individuo¹, valorando la respuesta en conceptos de rendimiento desde el punto de vista temporal o espacial. La mayoría de las conductas analizadas hasta ahora, han sido típicamente restrictivas², obviando los gestos complejos que implican movimientos corporales globales³. Sin embargo, Schmidt (1988)⁴, apuntó la necesidad de analizar las invariantes y variantes del movimiento conceptualizado de forma global, valorando los movimien-

Correspondencia:

Prof. Dr. F. JAVIER ROJAS RUIZ. Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada. Ctra. de Alfacar, s/n. 18071 Granada. E-mail: f Rojas@platon.ugr.es

Glosario de variables

Ángulo de salida del balón,	θ (balón)
Velocidad de salida del balón,	V_s (balón)
Altura de salida del balón,	H_s (balón)
% con respecto a la altura del jugador,	% H_s (balón)
Altura máxima del salto,	SCG(balón)
% con respecto a la salida del balón,	%SCG(balón)
Tiempo de carrera,	$T(t1-t2)$
Tiempo comienzo elevación del balón,	$T(t1-t3)$
Tiempo de impulso de frenado,	$T(t2-t4)$
Tiempo de impulso de aceleración,	$T(t4-t5)$
Tiempo de vuelo,	$T(t5-t6)$
Tiempo total,	$T(t1-t6)$
Ángulo despegue del suelo CG,	θ CG (t5)
Distancia comprendida entre la proyección del CG con respecto al centro de la base de sustentación en: la posición más baja del CG el despegue. la salida del balón.	DCCG-cb.(t4) DCCG-cb.(t5) DCCG-cb.(t6) DCCG (t5-t6)
Distancia entre la proyección del CG desde despegue hasta el lanzamiento	θ rodilla (t4)
Ángulo de la rodilla al comienzo del impulso de aceleración,	θ codo (t4)
Ángulo codo en la mínima cota del CG,	θ codo (t5)
Ángulo del codo en el despegue,	θ codo (t6)
Ángulo del codo en la salida del balón,	θ codo (t7)
Ángulo del codo tras salida del balón,	θ tronco (t6)
Ángulo de inclinación del tronco en la salida del balón,	θ hombro (t6)
Ángulo de flexión del hombro en la salida del balón	Sy(balón)
Desplazamiento vertical del balón	%Sy(balón)
% con respecto a altura del sujeto	Balón-vértex (t5)
Distancia balón-vértex en el momento del despegue	$V_{x,z}(t1)$
Velocidad CG plano transversal en el instante de: recibir el balón, despegue del suelo,	$V_{x,z}(t5)$
Velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón,	ω muñeca (t6)
Velocidad media de subida del balón desde mínima cota hasta comienzo impulso aceleración	$V_{balón}$ (t3-t4)

tos segmentarios involucrados en la conducta motriz global, ya que la variabilidad o invariabilidad de los parámetros biomecánicos, podría proporcionarnos un indicio de la adaptabilidad del sistema neuromuscular a las modificaciones producidas en los factores ambientales.

En el ámbito del análisis biomecánico del gesto deportivo, el desarrollo de las técnicas cinematográficas ha permitido valorar la técnica, analizando el mejor intento de una serie de repeticiones, seleccionado en base a términos de rendimiento determinados por la precisión, distancia o altura alcanzada, no teniéndose en cuenta la variabilidad que puede existir entre la serie de lanzamientos del mismo sujeto. Sin embargo, para poder valorar el gesto y poder obtener conclusiones en cuanto a sus características, no sólo se hace necesario valorar la intervariabilidad entre sujetos, sino que además, es preciso establecer cual es la variabilidad entre los diferentes ensayos de un mismo sujeto, pudiendo determinar cuales son las modificaciones más importantes que realiza un sujeto en las diferentes repeticiones del gesto⁵. Se debe tener en

cuenta, que las comparaciones entre la variabilidad de los diferentes sujetos podrían conducirnos a conclusiones incorrectas sobre la técnica deportiva, como es el caso de que la variabilidad intrasujeto sea mayor que la variabilidad entre sujetos⁶.

En esta línea se sitúan diversos autores en sus estudios sobre la variabilidad en golpes de fútbol^{3,7} o en el análisis de la variabilidad en la tasa motora de la marcha y la carrera⁸⁻¹⁰, así como otros estudios, que se refieren a la variabilidad entre los lanzamientos que involucran varias articulaciones¹¹⁻¹⁴.

En el lanzamiento en baloncesto, numerosos estudios¹⁵⁻¹⁹ han tratado de identificar las diferencias biomecánicas entre los sujetos, aunque sólo han analizado entre uno y cuatro lanzamientos por sujeto, por ello, ninguno de estos estudios nos aporta datos de la intravariabilidad de la tasa motora de cada individuo. Newell y Corgos (1993)²⁰, establecieron la posibilidad de variabilidad entre las respuestas motoras de la misma tarea en sucesivos ensayos. En sus estudios, se ha apuntado la necesidad de analizar un mínimo de tres ensayos para establecer la línea base de

los parámetros temporales y mecánicos de la ejecución del gesto deportivo. En este sentido, se analizaron²¹, veinte ensayos del ángulo de pronación del pie, en el momento de contacto con el suelo en la carrera, demostrando que la variabilidad entre ensayos era mínima, resultando sólo tres de ellos con una dispersión superior a un 5% de la media de los ensayos. Corroborando estos resultados, un estudio³ sobre la variabilidad del golpeo de fútbol en jugadores de élite, obtuvo una variabilidad inferior al 5% en todos los parámetros mecánicos analizados durante los tres ensayos que realiza cada sujeto de este gesto deportivo, en las mismas condiciones contextuales.

También en relación a la variabilidad del gesto, Vaughn y Kozar (1993) estudiaron tanto la intravariabilidad entre ensayos del mismo sujeto como la intervariabilidad entre diversos sujetos en los lanzamientos de tiros libres en baloncesto, obteniendo una mayor interviriabilidad en las medidas de las variables cinemáticas analizadas. Las mayores diferencias entre los deportistas analizados en este estudio estuvieron en los recorridos articulares, medidos en forma de rangos de desplazamiento de los ángulos del hombro y rodilla, valorados desde que el jugador comienza a elevar el balón, tras cogerlo con ambas manos, hasta que éste sale de sus manos en dirección a la canasta, mientras que las mayores diferencias intrasujetos se reflejaron en los rangos de desplazamiento de los ángulos de la muñeca, codo y hombro del brazo de lanzamiento, medidos de igual forma.

Sáenz e Ibáñez (1995)²³ han propuesto que la variabilidad en la práctica del lanzamiento a canasta puede deberse a la modificación de factores, como la acción del brazo (estándar, gancho, bandeja), acción técnica previa (bote, recepción, finta, parada), acción anterior de las piernas (parado o en carrera), acción final de las piernas (sin o con salto), orientación corporal, dirección del balón, distancia del lanzamiento y oposición. En este estudio para analizar la variabilidad del gesto se han tenido que bloquear todos estos factores, y de esta manera valorar con las técnicas cinematográficas tridimensionales la intravariabilidad y la interviriabilidad en el lanzamiento en salto en baloncesto, a través de la medida de las variables biomecánicas que definen el gesto.

El objetivo del presente estudio, es por tanto, cuantificar las diferencias existentes en la ejecución del lanzamiento en salto en baloncesto (gesto deportivo con reaféncias externas), en cuanto a la variabilidad intra e intersujetos.

Método

Sujetos

La muestra que se ha utilizado para realizar esta investigación ha estado compuesta por 10 jugado-

res profesionales de baloncesto pertenecientes a la liga ACB (Asociación de Clubs de Baloncesto) que se han ofrecido voluntariamente para participar en el mismo. Todos ellos diestros y especialistas en lanzamientos de media y larga distancia, con una edad media de 23,36 años ($\pm 2,87$), talla media de 1,93 m ($\pm 0,09$) y un peso medio de 90,43 kg ($\pm 12,40$).

Filmaciones y selección de los lanzamientos

La ejecución del lanzamiento en salto está sometida a todo tipo de reaféncias, contingencias externas, y mecanismos atencionales. Por ello, y para controlar toda esta serie de variables, es necesario analizar este gesto mediante un protocolo que se asemeje a la competición, donde se controlen las variables manipuladas y se mantengan constantes aquellas que inciden en él, pero que no nos interesan medir.

En esta filmación, se utilizaron dos cámaras de vídeo, la primera colocada a una distancia de 10 m del lugar de ejecución y con una orientación de 45° con respecto a la dirección teórica del lanzamiento, y una segunda cámara ubicada a 11 m del lugar de lanzamiento con una orientación de 45° con respecto a la dirección teórica del lanzamiento y con 90° con respecto a la orientación de la primera cámara.

Tras la colocación de las cámaras, y previamente a la filmación de los lanzamientos, se ha procedido a la filmación del objeto de referencia, formado por una estructura radial similar a la utilizada por diversos investigadores^{24,25}. En este estudio, el objeto de referencia ha sido orientado de tal forma, que el eje X, ha coincidido con la dirección del lanzamiento, el eje Z perpendicular y horizontal a la dirección del lanzamiento, y el eje Y, perpendicular al plano del suelo, según se ilustra en la figura 1.

Una vez realizado el calentamiento, se procedió a la ejecución del protocolo experimental, similar al propuesto por Ripoll (1980)²⁶ (Fig. 1). La posición de partida comienza en la zona central del campo (posición S de la figura 1), desde esa posición estática del sujeto, se desplaza corriendo sobre una línea, que pasando por el vértice de la zona restringida del campo, forma 45° con la línea de fondo. Durante su desplazamiento el lanzador, recibe un balón a 5,5 m del punto de partida, enviado por un jugador situado a 2 m del lugar de lanzamiento (posición P), mediante un pase que parte desde el pecho del pasador 2 m antes de llegar al lugar de lanzamiento, y con un impulso de ambas manos describiendo una trayectoria recta. En el instante de recibir el balón, el jugador realiza una parada con cambio de orientación y finaliza con la ejecución del lanzamiento.

Se seleccionaron seis lanzamientos de cada jugador utilizando como criterio los encestes conseguidos sin tocar ni el aro ni el tablero.

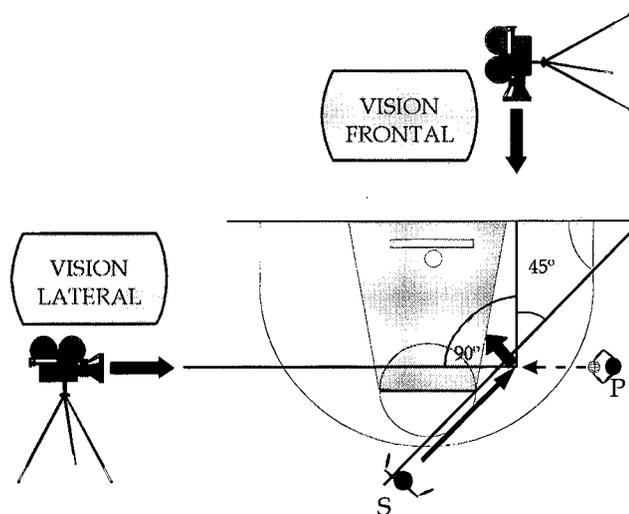


FIG. 1.—Esquema representativo del protocolo de ejecución desarrollado.

Técnicas instrumentales

El modelo humano diseñado para el análisis de la energía cinética se corresponde con un modelo alámbrico formado por 14 segmentos, y un implemento, en este caso un balón, considerado como una esfera, definidos estos segmentos por 23 puntos, utilizándose los parámetros inerciales aportados por De Leva (1996)²⁷. Las coordenadas de cada punto, se han obtenido digitalizando las imágenes de ambas cámaras, para posteriormente suavizar e interpolar a 100 Hz mediante splines de 5º orden²⁸. Las coordenadas tridimensionales se han obtenido mediante el procedimiento de DLT²⁹. 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)³⁰, 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, y 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: El proceso de obtención de las variables temporales se ha realizado teniendo en cuenta las posiciones espaciales adoptadas

por el jugador y el balón en el transcurso de la ejecución del lanzamiento. Las posiciones espaciales que han determinado las fases del gesto han sido las siguientes: T1: Se corresponde con el instante de recepción del balón, T2: Momento de contacto de uno o ambos pies 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: Momento en el que el jugador despega ambos pies del suelo, y T6: Momento en que el balón abandona las manos del jugador. El siguiente tipo de variables (b2), son las relativas a posiciones espaciales adoptadas, seleccionándose las posiciones más significativas adoptadas por los segmentos y el balón, y por último se analizaron las variables relativas a las velocidades desarrolladas (b3), valorándose cuatro 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.

En la figura 2 se representan las variables biomecánicas analizadas.

Análisis estadístico

Las variables de producto y de proceso, se han calculado en cada lanzamiento mediante un soporte lógico específico para este estudio, almacenando posteriormente los datos para su análisis en el paquete estadístico Statgraphics 7.0. El estudio estadístico se corresponde con un análisis descriptivo presentando los datos en valores absolutos, relativos al tiempo total, medias, desviaciones típicas y coeficiente de variación.

Resultados

La exposición de los resultados, se inicia por las variables denominadas de proceso temporales, y dentro de las mismas, a los valores relativos a la intravariabilidad del gesto, en cada sujeto. La estadística descriptiva correspondiente a los tiempos empleados por cada jugador, es decir intrasujeto, en los lanzamientos analizados se presenta en la tabla I, dichos tiempos se corresponden con las variables 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) y Tiempo Total T(t1-t6), en las cuales obtuvimos una mayor dispersión de los datos en el inicio del gesto, de forma más concreta en la variable tiempo de carrera T(t1-t2), disminuyendo progresivamente hacia las fases finales del gesto, por lo que obtuvimos la menor variación en la variable Tiempo total T (t1-t6). En la figura 3 se representa un gráfico típico de las variables temporales. Según se observa en esta figura, los

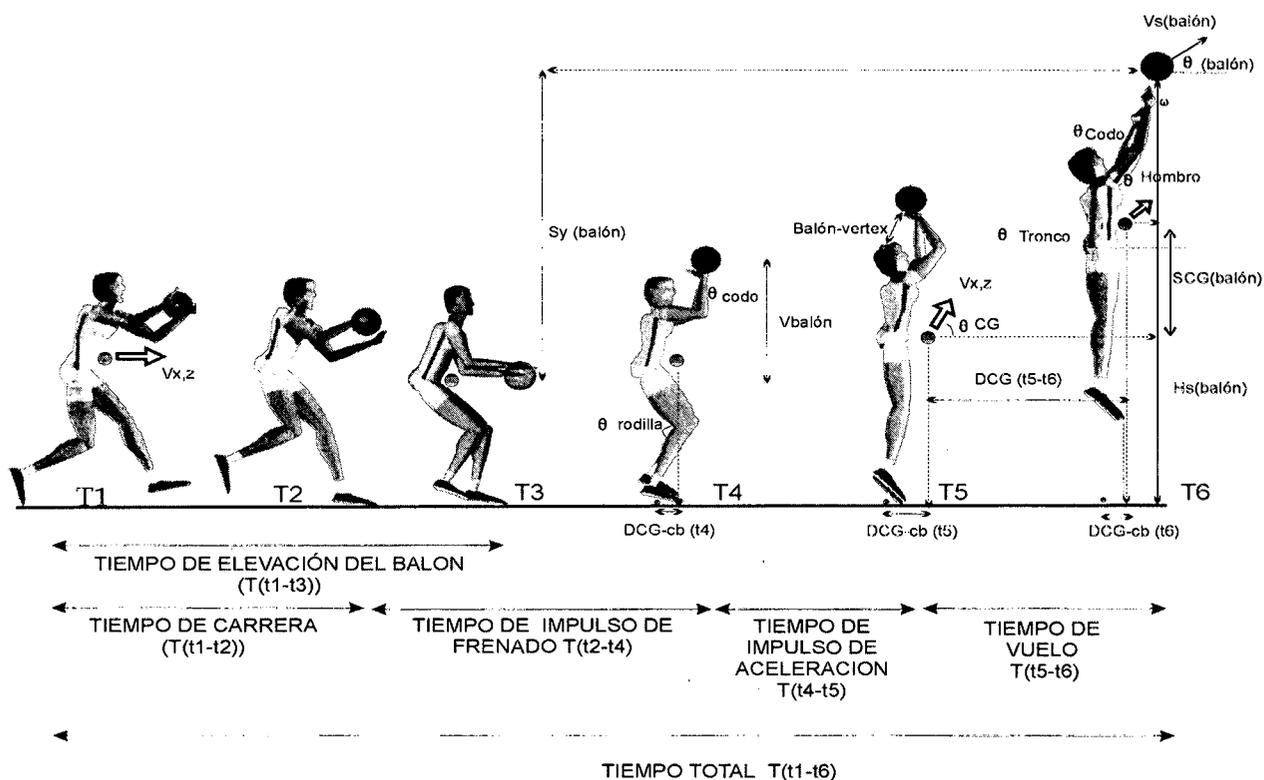


FIG. 2.—Variables biomecánicas analizadas.

cambios de tendencia en las líneas que representan cada uno de los diferentes ensayos son mínimos. En la tabla II se representan los resultados de las variables de proceso temporales, apreciándose en todas ellas una mayor variabilidad intersujeto, evolucionando de igual forma de mayor a menor, desde el inicio hasta el final de la ejecución del gesto. En la figura 4 se representa gráficamente el coeficiente de

variación de las variables temporales tanto intra como intersujeto.

Los resultados de las variables de proceso espaciales, aparecen representados en la Tabla III, hallándose como en las variables anteriores una mayor variabilidad intersujeto que intrasujeto. El mayor coeficiente de variación, superior a 20, se encuentra en las variables analizadas de la posición del centro de gra-

Tabla I. Análisis temporal en cada fase de los lanzamientos realizados por cada sujeto

Sujetos	T. 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)		
	M	DT	CV	M	DT	CV	M	DT	CV	M	DT	CV	M	DT	CV
1	0,13	0,05	38,57	0,34	0,04	12,32	0,15	0,03	19,87	0,22	0,03	15,16	0,83	0,04	4,90
2	0,19	0,11	60,48	0,24	0,16	67,83	0,17	0,05	29,56	0,12	0,03	21,73	0,71	0,07	9,87
3	0,06	0,08	138,83	0,30	0,04	14,24	0,17	0,01	8,57	0,20	0,02	9,25	0,73	0,06	7,69
4	0,14	0,16	111,95	0,26	0,05	20,71	0,17	0,02	14,41	0,32	0,02	5,88	0,89	0,10	10,97
5	0,30	0,07	21,93	0,22	0,06	29,17	0,14	0,02	17,50	0,28	0,02	8,63	0,94	0,05	5,85
6	0,10	0,06	66,04	0,43	0,08	19,44	0,15	0,01	7,88	0,23	0,01	4,66	0,90	0,03	3,58
7	0,19	0,07	34,67	0,24	0,05	19,02	0,16	0,02	10,65	0,33	0,03	8,80	0,92	0,07	7,29
8	0,17	0,09	53,35	0,31	0,07	21,40	0,17	0,02	9,80	0,31	0,02	7,04	0,95	0,07	7,14
9	0,33	0,07	20,06	0,17	0,03	16,59	0,19	0,03	14,89	0,16	0,03	18,59	0,85	0,03	4,07
10	0,17	0,03	19,29	0,28	0,02	6,57	0,21	0,04	20,41	0,19	0,03	15,54	0,85	0,03	3,20

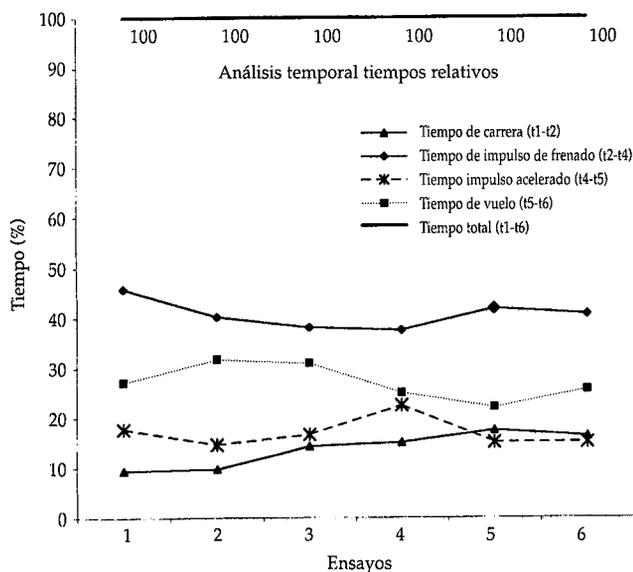


FIG. 3.—Representación gráfica de las variables temporales medidas en valor relativo al tiempo total.

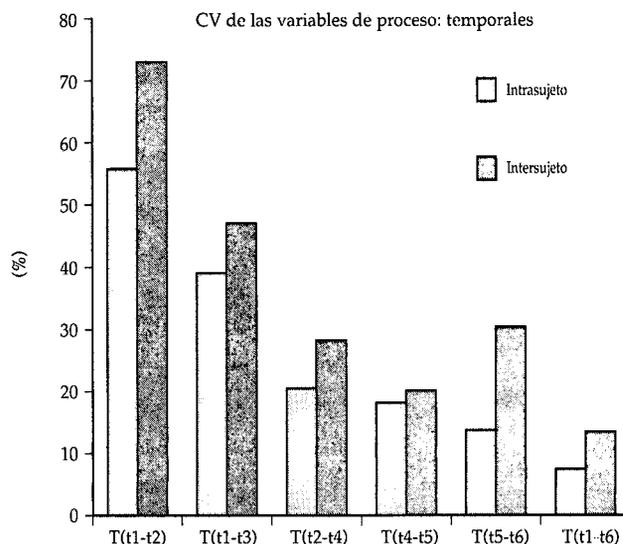


FIG. 4.—Representación gráfica del CV de las variables de proceso temporales.

vedad con respecto a la base de sustentación, DCG-cb.(t4), DCG-cb.(t5), y DCG-cb.(t5-t6), mientras que en el resto, el coeficiente de variación es menor de 15 y 25 para la variabilidad intra e intersujeto respectivamente.

En las variables espaciales correspondientes a los ángulos de las articulaciones, θ codo, θ hombro, y θ tronco en las diferentes fases del gesto, es donde se ha encontrado una menor variabilidad entre todas las variables de proceso, dichos valores se encuentran representados gráficamente en la figura 5, en donde se aprecia la escasa variabilidad tanto intra como intersujeto en las posiciones angulares de la fase final del lanzamiento.

En cuanto a las variables de proceso relativas a las velocidades desarrolladas (tabla IV), encontramos una menor diferencia entre los coeficientes de varia-

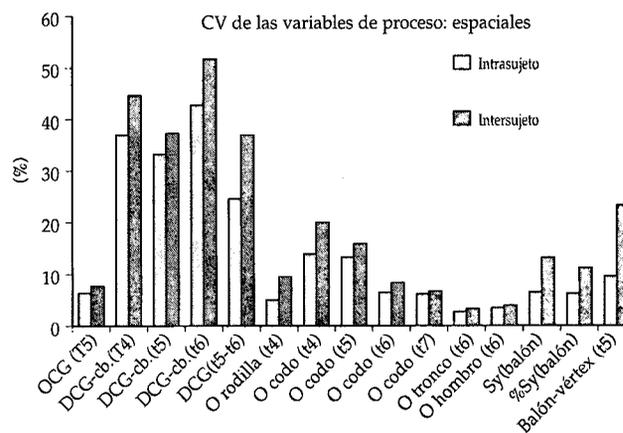


FIG. 5.—Representación gráfica del CV de las variables de proceso espaciales.

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

Variables	M	Variabilidad intrasujeto		Variabilidad intersujetos	
		DT	CV	DT	CV
Tiempo de carrera, T(t1-t2)	0,14	0,06	55,75	0,11	72,99
Tiempo comienzo elevación del balón, T(t1-t3)	0,14	0,05	39,06	0,07	46,98
Tiempo de impulso de frenado, T(t2-t4)	0,31	0,06	20,47	0,09	28,19
Tiempo de impulso de aceleración, T(t4-t5)	0,16	0,03	18,15	0,03	20,06
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	0,24	0,03	13,70	0,07	30,35
Tiempo total, T(t1-t6)	0,84	0,06	7,43	0,11	13,40

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

Variables	Variabilidad intrasujeto			Variabilidad intersujetos	
	M	Repeticiones: 6		Muestra: 10	
		DT	CV	DT	CV
Ángulo despegue del suelo CG, θ CG (t5)	78,21	4,93	6,39	6,03	7,75
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)	0,15	0,05	36,97	0,07	44,68
el despegue, DCG-cb (t5)	0,13	0,04	33,23	0,05	37,32
la salida del balón, DCG-cb (t6)	0,08	0,03	42,83	0,04	51,75
Distancia comprendida entre la proyección del CG desde despegue hasta el lanzamiento DCG (t5-t6)	0,11	0,03	24,57	0,04	36,98
Ángulo de la rodilla al comienzo del impulso de aceleración, θ rodilla (t4)	109,71	5,49	5,05	10,49	9,56
Ángulo codo en la mínima cota del CG, θ codo (t4)	71,10	10,04	13,95	14,33	19,99
Ángulo del codo en el despegue, θ codo (t5)	80,94	10,73	13,38	12,94	15,87
Ángulo del codo en la salida del balón, θ codo (t6)	124,80	8,10	6,51	10,50	8,42
Ángulo del codo tras salida del balón, θ codo (t7)	144,38	8,85	6,16	9,68	6,71
Ángulo de inclinación del tronco en la salida del balón, θ tronco (t6)	83,00	2,25	2,72	2,76	3,32
Ángulo de flexión del hombro en la salida del balón, θ hombro (t6)	136,97	4,78	3,50	5,45	3,98
Desplazamiento vertical del balón S_y (balón)	1,82	0,11	6,51	0,25	13,27
% con respecto a altura del sujeto % S_y (balón)	93,82	5,60	6,24	10,78	11,26
Distancia balón-vértex en el momento del despegue Balón-vértex (t5)	0,27	0,03	9,60	0,06	23,25

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

Variables	Variabilidad intrasujeto			Variabilidad intersujetos	
	M	Repeticiones: 6		Muestra: 10	
		DT	CV	DT	CV
Velocidad CG plano transversal en el instante de: recibir el balón, $V_{x,z}(t1)$	2,14	0,59	29,06	0,72	33,64
despegue del suelo, $V_{x,z}(t5)$	0,53	0,23	41,88	0,27	48,70
Velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón, w muñeca (t6)	24,78	6,75	27,29	7,08	28,26
Velocidad media de subida del balón desde mínima cota hasta comienzo impulso aceleración $V_{balón}(t3-t4)$	3,99	0,54	13,58	1,01	24,56

Tabla V. Resultados de las variables de producto

Variables	Variabilidad intrasujeto			Variabilidad intersujetos	
	M	DT	CV	DT	CV
Ángulo de salida del balón, θ (balón)	42,75	2,28	5,37	4,07	9,57
Velocidad de salida del balón, Vs(balón)	6,41	0,51	7,92	0,56	8,82
Altura de salida del balón, Hs(balón)	2,84	0,1	3,18	0,17	5,83
% con respecto a la altura del jugador, %Hs(balón)	146,29	4,41	3,01	5,53	3,77
Altura máxima del salto, SCG(balón)	0,33	0,06	19,74	0,09	28,89
% con respecto a la salida del balón, %SCG(balón)	92,72	5,49	6,45	9,36	10

ción (CV) con respecto a la variabilidad inter e intrasujetos, encontrándose muy próximos, especialmente en los datos relativos a la variable ω muñeca (t6). Por otro lado, cabe destacar que dichos valores resultan los más elevados de todas las variables analizadas.

Por último, en la tabla V se encuentran representadas las variables de producto, apreciándose un coeficiente de variación menor al 10% en todas las variables, salvo en la altura máxima del salto, SCG (balón), en donde existe una mayor dispersión de los datos, que sin embargo, no afecta a la altura de salida del balón, Hs(balón).

Discusión

En el análisis de la consistencia temporal del gesto, se observan cambios mínimos en las tendencias de las líneas de las variables temporales entre los ensayos (Fig. 3), lo que nos indica que el gesto ha sido aprendido previamente y no durante la ejecución de los diferentes ensayos, ya que el primer lanzamiento se encuentra dentro de la línea base establecida, y además, que el sujeto lanza siempre con similares características temporales⁴.

Estos resultados coinciden con los estudios desarrollados por Pike (1983)⁷ y Phillips (1985)⁵, los cuales investigaron los parámetros de variabilidad entre golpes con el pie en futbolistas profesionales, así como Vaugh y Kozar (1993)²², que valoraron la intravariabilidad en el lanzamiento de tiro libre en baloncesto, estos autores concluyeron que esta mínima variabilidad en las tasas temporales del programa motor, refleja una alta sofisticación en la ejecución del mismo, así como una precisión determinada en la relación fuerza y tiempo de las contracciones musculares intervinientes en la secuencia del gesto.

El análisis de la estructura temporal de los lanzamientos en salto tras carrera previa, revela que este gesto técnico posee una gran consistencia temporal, ya que se ha encontrado una mínima dispersión entre los datos, siendo mayor dicha consistencia cuando se miden las fases del gesto en tiempo relativo (%) con respecto al tiempo total [T(t1-t6)] (Fig. 3). Coincidiendo con nuestros resultados se encuentran otros autores³¹ que evidenciaron también invariabilidad temporal entre las fases de la escritura cuando se mide de forma relativa al tiempo total, en esta línea se sitúan investigadores Shapiro y col. (1981)⁴ que en el estudio de la variabilidad de los tiempos relativos durante las fases de la carrera, obtuvieron que estos tiempos relativos permanecían constantes, Schmidt (1988)⁸ en un movimiento complejo del codo, y Southard y col. (1989)¹¹ en un golpeo con el brazo a diferentes velocidades demostraron en sendos diseños intrasujetos, la constancia entre los tiempos de las fases en las que se componía el gesto y Southard y Miracle (1993)¹⁴ estudiaron la consistencia temporal, relacionando el ritmo con el rendimiento motor en el tiro libre, resultando el tiempo relativo entre las fases del gesto constantes, en situaciones en donde el tiempo absoluto llegaba a incrementarse hasta el doble.

Entre las variables temporales estudiadas, el tiempo de carrera [T(t1-t2)], es la que nos muestra los resultados con una mayor dispersión de los datos, en relación al resto de las variables temporales analizadas. Esto puede ser debido a que esta variable temporal depende del momento en que se produce la recepción del balón por el sujeto, en relación a que se encuentre en fase aérea o en apoyo, siendo mayor cuando la recepción se realiza en fase aérea, ya que el sujeto tras coger el balón en el aire necesita un tiempo para tomar contacto con el suelo y aplicar la fuerza necesaria para saltar, mientras que si el sujeto recibe en apoyo este tiempo se reduce comenzando en ese mismo instante la aplicación de fuerzas contra el suelo²⁵.

Autores^{13,14} que estudiaron la estructura temporal de la ejecución del tiro libre, apuntan que existe una relación muy estrecha entre la constancia temporal relativa de las fases de que consta un gesto, y el éxito o nivel de rendimiento que se puede alcanzar a través de la repetición de los diversos ensayos, lo que vuelve a ratificar los estudios^{5,7,22}.

El hecho de que la variabilidad intersujetos, sea siempre superior a la intrasujetos en todas las variables analizadas, indica que cada sujeto lanza de forma diferente en relación al resto de ellos, en cuanto a la estructura temporal del gesto se refiere, pudiendo ser debido a que la ejecución en los lanzamientos depende de las características individuales y experiencia previa de cada jugador como sugieren los estudios^{2,11,14,19}.

En cuanto a las variables relativas a velocidades y posición del Centro de gravedad, el hecho de obtener en las variables de proceso espaciales correspondientes a las angulaciones de las articulaciones una mínima variabilidad, en algunas de ellas inferior al 5% [como el θ hombro (t_6) o θ tronco (t_6)], refleja que las posiciones que deben de adoptar los segmentos, se encuentran muy definidas espacialmente, aunque la relación con el tiempo, y por tanto las variables relativas a las velocidades, no resultan tan delimitadas temporalmente. Sería necesario para aseverar esta afirmación, calcular un mayor número de variables relativas a las velocidades de los diferentes segmentos.

En las variables de producto, se observa que existe una gran variabilidad en cuanto a la altura máxima del salto, SCG(balón), sin embargo la altura de salida del balón, Hs(balón), permanece constante, por lo tanto, podemos deducir, que el sujeto ajusta la altura de salida del balón adoptando cambios en las posiciones de sus articulaciones en el momento del lanzamiento, para que dicha altura permanezca constante¹⁹. Estos ajustes posturales, que realizan cada una de las articulaciones, aunque resulten mínimas, podría conllevar a que el sumatorio de todas estas modificaciones repercutiera en la altura de salida del balón Hs(balón).

El programa motor del lanzamiento a canasta y confirmando otros estudios^{32,33}, se encuentra ubicado como un elemento global y organizado en el nivel superior del control multiniveles, desde donde se desarrollan a partir de niveles inferiores, a su vez controlados por el contexto, concretándose en las modificaciones vistas en cuanto al tiempo, velocidad y amplitud del gesto. Las variables o parámetros que se adaptan a las diferencias contextuales coinciden con otros autores^{8,33} como son la duración, velocidad y amplitud del gesto; de ellas, la duración y la velocidad se han modificado en las primeras fases del gesto, mientras que la amplitud del gesto hace mención a toda la reorganización segmentaria producida en el momento del lanzamiento, y reflejada en las oscilaciones angulares del

tronco, hombro y codo del brazo de lanzamiento^{19,22}.

Esta reorganización segmentaria producida en la fase final del lanzamiento en salto, confirma que el lanzamiento no es una copia fija del gesto físico que permanece durante todo el procesamiento, sino que debe definirse cada vez según las condiciones ambientales, siendo la información de resultados (feedback), quien defina las condiciones en las que se desarrolla el gesto de estudio. De acuerdo con Schmidt (1988)⁴, el sujeto puede utilizar la información derivada de las primeras etapas de ejecución del gesto, para realizar ajustes segmentarios en las últimas etapas del mismo.

Conclusiones

El análisis de la consistencia temporal del gesto, nos revela que los sujetos lanzan con similares características temporales, teniendo una alta consistencia temporal propia de sujetos del máximo nivel profesional, lo que refleja una alta sofisticación en la ejecución del programa motor, y una precisión determinada en la relación fuerza/tiempo de las contracciones musculares intervinientes en la secuencia del gesto, debiendo considerarse por lo tanto, la constancia temporal, como un factor determinante en el rendimiento deportivo, valorándose como objetivo prioritario en etapas de enseñanza-aprendizaje y formación deportiva.

El sujeto utiliza la información recopilada de las primeras fases de ejecución del gesto con el objeto de obtener la precisión necesaria para la óptima finalización del gesto de estudio, ya que en las fases iniciales del gesto la variabilidad es mayor, ajustándose en las fases finales del mismo, donde la variabilidad es mínima.

Finalmente, cabe considerar que cada sujeto lanza de forma diferente desde el punto de vista de la estructura temporal del gesto, con lo que esto conlleva en cuanto a que no existe un modelo técnico universal para todos los jugadores, sino que cada jugador posee el suyo propio, siendo éste modificable en función de las circunstancias contextuales de su aplicación, esta variabilidad intersujeto debe considerarse como determinante en etapas de aprendizaje del gesto técnico y formación de jugadores.

Bibliografía

1. Marteniuk RG. Individual differences in motor performance and learning. En: Wilmore JH, editor. Exercise and Sport Sciences Reviews 1974;2:103-30.
2. Kramer H, Bräuer D, Küchler G. Inter-individual variability and intra-individual reaction stability of the mean bioelectrical muscular activity of the long fingers flexors in a model exerci-

- se. En: Matsui H, Kobayashi K, editores. *Biomechanics VIII-B*. 71-6. Champaign IL. Human Kinetics Publishers; 1981.
3. Phillips SJ. Invariance of elite kicking performance. En: Winter D et al, editores. *Biomechanics IX-B*. 539-542. Champaign, IL. Human Kinetics Publishers; 1985.
 4. Schmidt RA. Motor Control and Learning. En: Champaign IL, editor. Human Kinetics; 1988.
 5. Yeadon MR, Challis JH. The future of performance-related sports biomechanics research. *Journal of Sports Sciences* 1994; 12:3-32.
 6. Salo A, Grimshaw PN. An Examination of Kinematic Variability of Motion Analysis in Sprint Hurdles. *Journal of Applied Biomechanics* 1998;14:211-22.
 7. Pike NL. Variability of performance of skilled punters in football. *Research Abstracts, Minneapolis AAHPERD Convention*, 23; 1983.
 8. Shapiro D, Zernicke RF, Gregor RJ, Diestel JD. Evidence for generalized motor programs using gait-pattern analysis. *Journal of Motor Behavior* 1981;24:33-47.
 9. Grainger J, Norman R, Winter D, Bobet J. Day-to-day reproducibility of selected biomechanical variables calculated from film data. En: Matsui H, Kobayashi K, editores. *Biomechanics VIII-B: Proceedings of the Eight International Congress of Biomechanics*. Nagoya, Japan: Champaign IL. Human Kinetics; 1983. págs. 1239-47.
 10. Winter DA. Kinematic and kinetic patterns in human gait: Variability and compensating effects. *Human Movement Science* 1984;3:51-76.
 11. Southard D, Miracle A, Landwer G. Ritual and free-throw shooting in basketball. *Journal of Sports Sciences* 1989;7(2):163-73.
 12. Schmidt RA, Treffner PJ, Shaw BK, Turvey MT. Dynamical aspects of learning an interlimb rhythmic movement pattern. *Journal of Motor Behavior* 1992;24:67-84.
 13. Wisberg C, Pein RL. The preshot interval and free throw shooting accuracy: An exploratory investigation. *The Sport Psychologist* 1992;6:14-23.
 14. Southard D, Miracle A. Rhythmicity, ritual, and motor performance: a study of free throw shooting in basketball. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 1993;64 (3):284-90.
 15. Hudson JL. A biomechanical analysis by skill level of free throw shooting in basketball. I International Symposium of Biomechanics in Sports; 1982:95-102.
 16. Ryan P, Holt LE. Kinematic variables as predictors of performance. En: Morrison WE, editor. *Proceeding of the Seventh International Symposium of the Society of Biomechanics in Sports*. Melbourne, Victoria: Footscray Institute of Technology; 1989. págs. 79-88.
 17. Tsarouchas E, Kalamaras K, Giavroglou A, Prassas S. Biomechanical analysis of free shooting in basketball. VI International Symposium on Biomechanics in Sports; 1990. págs. 551-60.
 18. 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.
 19. Miller S, Bartlett RM. The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. *Journal of Sports Sciences* 1996;14:243-53.
 20. Newell KM, Corgos DM. Issues in variability and motor control. En: Newell KM, Corgos DM, editores. *Variability and motor control*. Champaign IL. Human Kinetics Publishers; 1993. págs. 1-12.
 21. Kaelin X, Unold E, Stüssi E, Stacoff A. Interindividual and Intraindividual Variabilities in Running. En: Winter D, et al., editores. *Biomechanics IX-B*. Champaign IL. Human Kinetics Publishers; 1985. págs. 356-60.
 22. Vaugh RE, Kozar B. Intra-individual variability for basketball free throws. XI International Symposium of Biomechanics in Sports; 1993. págs. 305-8.
 23. Sáenz P, Ibáñez S. El Tiro: Clasificación, evaluación y su entrenamiento en cada categoría. *Clinic* 1995;3:29-34.
 24. Dapena J. A method to determine the angular momentum of a human body about three orthogonal axes passing through its center of gravity. *Journal of Biomechanics* 1978;11:251-6.
 25. Gutiérrez M, Soto VM, Santos JA. Análisis biomecánico del remate de voleibol. Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Granada; 1992.
 26. Ripoll H. Activités de perception de balle et de lancer de précision au basket-ball. Paris: DGRST. Action Sport-Aide; 1980: 77.7.0821.
 27. De Leva P. Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics* 1996;29(9):1223-30.
 28. Wood GA, Jennings LS. On the use of spline functions for data smoothing. *Journal of Biomechanics* 1979;12:477-9.
 29. Abdel-Aziz YI, Karara HM. 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 VA: American Society of Photogrammetry; 1971. págs. 1-18.
 30. Hudson JL. Prediction of basketball skill using biomechanical variables. *Research Quarterly For Exercise and Sport* 1985;56 (2):115-21.
 31. Viviani P, Terzuolo C. On the relation between word-specific patterns and the central control model of typing: A reply to Gentner. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 1982;8:811-3.
 32. Shea JB, Morgan RL. Contextual interference effects on the acquisition, retention and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory* 1979;5: 170-87.
 33. Schmidt RA. The search for invariance in skilled movement behavior. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 1985;56:188-200.