

Departamento de Ciencias
I. N. E. F. - BARCELONA

Algunas consideraciones biomecánicas en balonmano

*Análisis comparativo entre los lanzamientos
en apoyo y suspensión*

FERNANDO VIZCAÍNO.

Introducción

Tuve la suerte de dirigir los trabajos de investigación fin de carrera a tres compañeros, JOSÉ MANUEL MAESTRE, EMILIO ALONSO y JOSÉ MANUEL LLANEZA, que fueron presentados en el Instituto Nacional de Educación Física de Madrid en los años 1975, 76 y 77, respectivamente. En ellos se basa este artículo y en él pretendo ofrecer un comentario de sus resultados en relación a los conceptos de biomecánica deportiva ya conocidos.

Los respectivos títulos de estos trabajos son: «Estudio comparativo entre los lanzamientos en apoyo y suspensión en balonmano mediante análisis biomecánico»; «Biomecánica de los armados por delante y por detrás en suspensión en balonmano en dos sujetos» y «Estudio biomecánico comparativo entre los movimientos ascendente y descendente en la parada en el portero en balonmano».

Es importante advertir que los dos primeros trabajos obtienen conclusiones *no generalizables*, y como en ellos se menciona su finalidad no es más que el planteamiento de hipótesis necesarias de comprobar en posteriores estudios con una gama más amplia de sujetos. El tercero, por el contrario, nos muestra unas conclusiones, más bien resultados, cuya acertada interpretación puede dar origen a interesantes aplicaciones en el campo de la técnica deportiva.

Consideraciones iniciales

Antes de adentrarnos en el análisis de cada uno de los estudios nos atrevemos a exponer unos comentarios en torno al METODO seguido en ellos a fin de facilitar su comprensión y la de este artículo.

En los tres estudios se ha escogido como método de investigación la *cinematografía científica*. En biomecánica se utiliza este método cuando lo que se pretende determinar son los parámetros cinemáticos principalmente (espacio, tiempo, velocidad, etc.), ya que la cámara nos brinda la posibilidad de impresionar un número de fotogramas en la unidad de tiempo y por lo tanto la determinación de éste se limita a contar el número de fotogramas en los que se desarrolla una secuencia. En las tres ocasiones fue utilizada una cámara Cinemax Macro H. I. Speed C. 1000 Super 1:1.8 f. 7-70 mm. de Super 8 a 50 imágenes por segundo.

De las variantes que el método cinematográfico permite, en todos los casos, las mediciones se realizaron a través de un sistema de referencia incorporado a la filmación, consistente en un tablero de 4 x 4 metros cuadrado en 10 x 10 centímetros, que permitirá localizar cualquier punto del jugador por sus coordenadas.

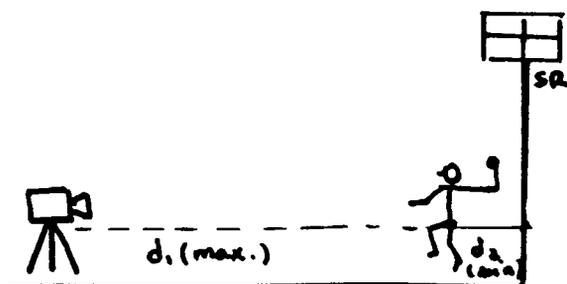


Fig. 1

Sin entrar en detalles recordemos que la cámara debe estar lo más lejos posible del jugador y éste, a su vez, lo más cerca posible del sistema de referencia (fig. 1), en previsión de hacer menor el error de medición (ver figura 2, en el fotograma quedaría registrada la proyección cónica de S sobre el tablero SR).

De otra parte la cámara deberá mantenerse siempre «fija» (sin variar ni su posición en el espacio ni su sistema lenticular) procurando que el eje focal incida en el centro geométrico del campo en el que se va a desarrollar el movimiento.

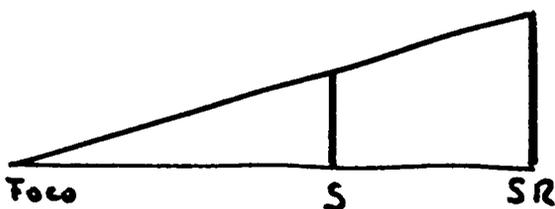


Fig. 2

Como en los lanzamientos en apoyo y suspensión el jugador realiza el movimiento según las tres componentes del espacio en los dos primeros trabajos, fueron necesarias dos tomas, frontal y lateral (fig. 3), mientras que en el tercero no fue precisa más que la toma frontal ya que la parada se desarrolla preferentemente en un solo plano.

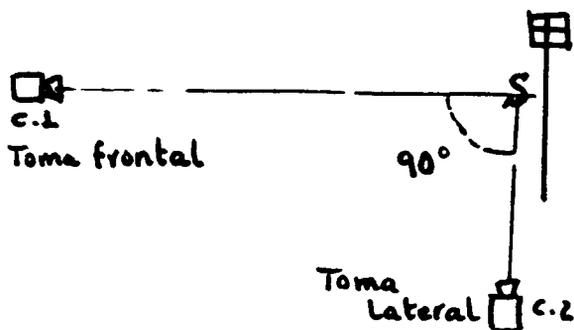


Fig. 3

Como hemos indicado las MEDICIONES se realizaron a partir de las coordenadas de cada uno de los centros articulares del jugador en cada fotograma.

En consecuencia, todo el «sistema jugador» queda reducido a un «sistema de ejes mecánicos».

Para ello se procedió a la utilización de moviolas o de proyección de imagen fija, a fin de trasladar a papel milimetrado las coordenadas de los centros articulares a lo largo de la secuencia total del movimiento.

A fin de que el lector tenga una idea aproximada de la causa de los ERRORES en los análisis biomecánicos por el método cinematográfico, y los tenga presentes en el momento de la presentación de algunos datos a los que se alude más adelante, exponemos brevemente tres aspectos que inciden notablemente en la aparición de los mismos.

Como ya hemos comentado, la situación relativa cámara-jugador-panel cuadrículado es un aspecto a tener en cuenta, ya que el sistema lenticular de la cámara se comporta como un sistema de perspectiva cónica. El error aparece, como ya se habrán imaginado, en los movimientos deportivos en los que el jugador está obligado a variar constantemente la distancia en relación a los demás elementos del sistema (cámara-referencia).

En segundo lugar hay que tener en cuenta el factor *velocidad de filmación* pues éste depende del motor que lleva incorporada la cámara y éste a su vez del sistema de alimentación. Por regla general los sistemas de alimentación suelen ser eléctricos y en la mayoría de los casos por baterías. Es de imaginar la importancia que supone el utilizar baterías perfectamente cargadas a lo largo de todo el registro, que garanticen el funcionamiento del motor en régimen constante de revoluciones. Existe otra causa, dentro del motor, a tener en cuenta que se debe a los rozamientos producidos entre las piezas del motor y la inercia de las mismas, por lo que se aconseja iniciar la filmación un poco antes del comienzo del movimiento del jugador.

El tercer aspecto, en lo referente a los errores de medición, es el debido a la determinación de los centros articulares. Si partimos del hecho de que el centro de rotación de los movimientos articulares varía su situación en cada instante es fácil imaginar que la exacta determinación de éstos es más fruto del azar que de un riguroso procedimiento científico (cuando realizamos su localización por medio de cinematografía). Por ende las referencias que podríamos escoger en la morfología externa (rebordes óseos, fosas, etc.) no suelen permanecer ni en

la forma ni a la vista de la cámara al estar en continuo movimiento tanto las articulaciones como el propio jugador.

Una vez expuestas estas consideraciones iniciales adentrémonos en el estudio de cada uno de los trabajos, si bien en esta primera parte del artículo nos referimos al primero de ellos.

Hacia el tránsito entre el apoyo y la suspensión

MAESTRE (1975) termina las conclusiones de su trabajo con el siguiente párrafo:

«Como consecuencia deducimos que una ejecución buena en apoyo no condiciona un buen lanzamiento en suspensión. Y no porque sea o no capaz de impulsar más alto, sino porque compromete a grupos musculares diferentes (en el preciso instante del lanzamiento) en los miembros inferiores que son responsables de la fijación del lanzamiento» (1).

Mientras que en la introducción indicaba: «...quería analizar el tiro en suspensión y el tiro en apoyo para encontrar, si las hay, relaciones que puedan orientar el entrenamiento o

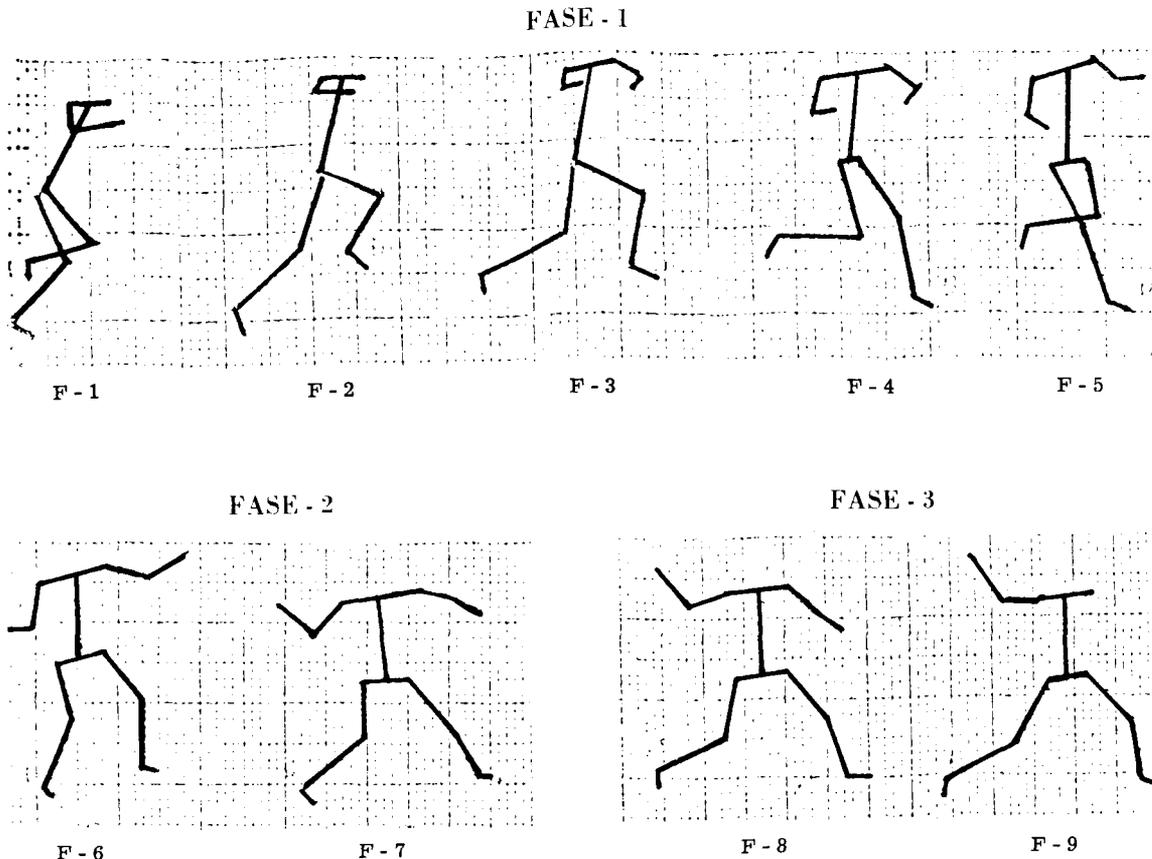
predecir las características que deben reunir los jugadores especialistas de alguno de estos lanzamientos».

La conclusión no puede ser más negativa, al menos desde el punto de vista de la relación entre el apoyo y la suspensión. Pero de ser confirmada ha de tenerse muy en cuenta en lo que al entrenamiento de técnica concierne, ya que según MAESTRE no se puede decir que existe tránsito entre el apoyo y la suspensión en el sentido de que éste exija una coordinación del mismo tipo que aquél de distinto grado, sino que se trata de coordinaciones diferentes. En suma se tratarían de gestos técnicos diferentes.

Veamos en qué resultados y cuáles son los criterios biomecánicos en los que se basa. Partamos de las secuencias de ambos lanzamientos obtenidas en las filmaciones realizadas.

(1) Este estudio está realizado en un solo sujeto y las conclusiones a que se llega sólo nos pueden servir de referencia. En la ejecución se exigía al jugador que lanzase, en ambos casos con la máxima potencia.

TIRO EN APOYO - Toma lateral



TIRO EN APOYO - Toma lateral

FASE - 4

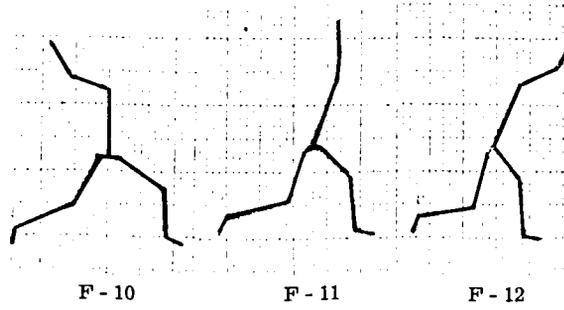
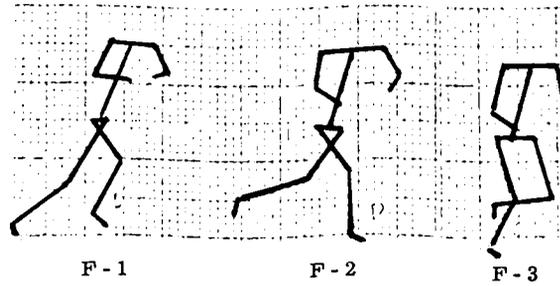


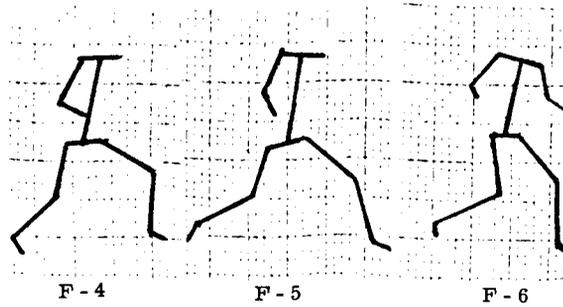
Fig. 4

TIRO EN SUSPENSION - Toma lateral

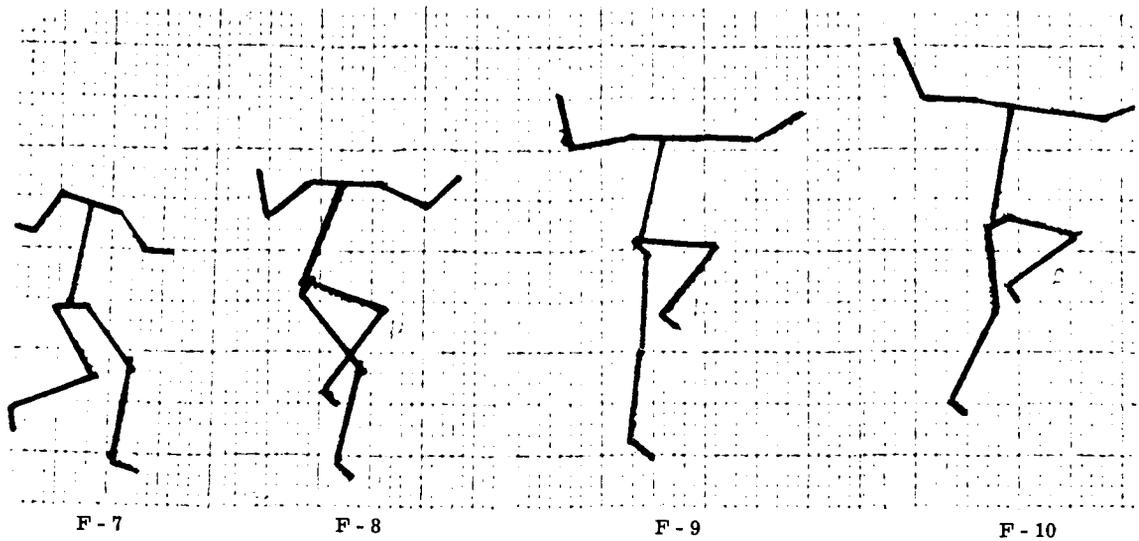
FASE - 1



FASE - 2



FASE - 3



TIRO EN SUSPENSION - Toma lateral FASE - 4

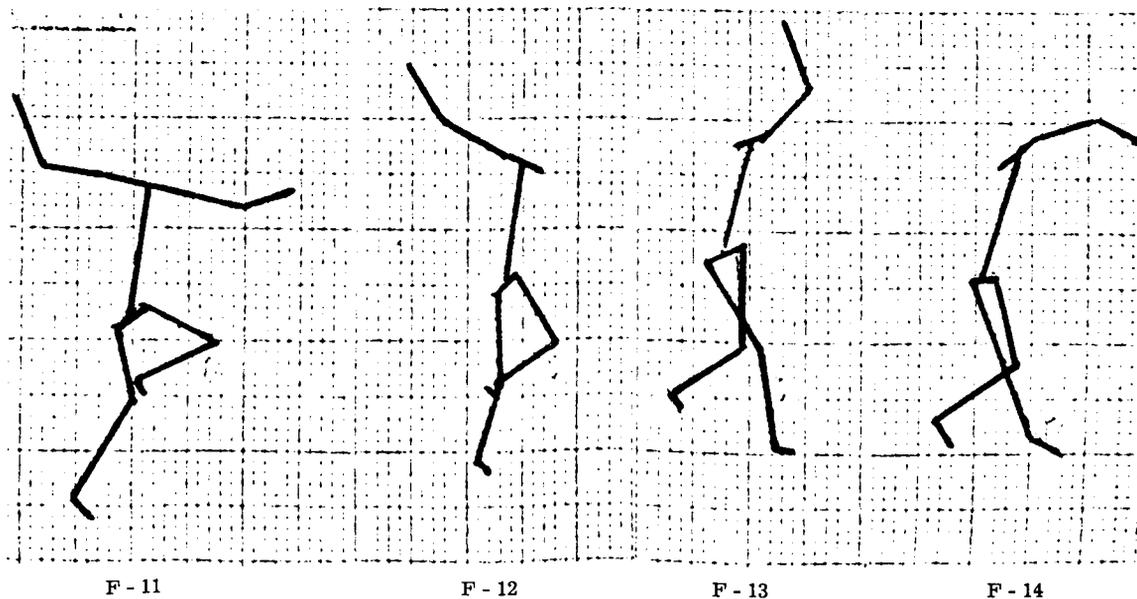


Fig. 5

Como se puede observar en las secuencias de ambos movimientos (figs. 4 y 5) el número total de fotogramas no coincide, de tal forma que el tiempo total de ejecución para el de apoyo es de 0.50 seg., mientras que el de suspensión es de 0.58 seg. Según MAESTRE la diferencia es debida al tiempo empleado para llegar a la suspensión. Veamos tiempos parciales según las tablas adjuntas.

TIRO EN APOYO

Toma lateral - 2

Fotograma	— 12 = F — 1	0'24 segundos
»	— 15 = F — 2	0'30 »
»	— 17 = F — 3	0'34 »
»	— 21 = F — 4	0'42 »
»	— 23 = F — 5	0'46 »
»	— 27 = F — 6	0'54 »
»	— 30 = F — 7	0'60 »
»	— 32 = F — 8	0'64 »
»	— 33 = F — 9	0'66 »
»	— 34 = F — 10	0'68 »
»	— 36 = F — 11	0'72 »
»	— 37 = F — 12	0'74 »

Lanzamiento en apoyo. Tiempo total 0.50 seg.

Fase previa: De F-1 (0.24 seg.) a F-5 (0.46 seg.) tiempo parcial 0.22 seg.

Fase de fijación: De F-5 a F-7 (0.60 seg.) tiempo parcial 0.14 seg.

Fase de lanzamiento: De F-7 a F-11 (0.74 seg.) tiempo parcial 0.14 seg.

TIRO EN SUSPENSION

Toma lateral - 1

Fotograma	— 3 = F — 1	0'06 segundos
»	— 5 = F — 2	0'10 »
»	— 9 = F — 3	0'18 »
»	— 12 = F — 4	0'24 »
»	— 15 = F — 5	0'30 »
»	— 17 = F — 6	0'34 »
»	— 18 = F — 7	0'36 »
»	— 20 = F — 8	0'40 »
»	— 22 = F — 9	0'44 »
»	— 24 = F — 10	0'48 »
»	— 25 = F — 11	0'50 »
»	— 27 = F — 12	0'54 »
»	— 30 = F — 13	0'60 »
»	— 31 = F — 14	0'64 »

Lanzamiento en suspensión

Fase previa: De F-1 (0.06 seg.) a F-5 (0.30 seg.) tiempo parcial 0.24 seg.

Fase de fijación: De F-5 a F-9 (0.44 seg.) tiempo parcial 0.14 seg.

Fase de lanzamiento: De F-9 a F-14 (0.64 seg.) tiempo parcial 0.20 seg.

Las diferencias aparecen en la fase previa y

en la de lanzamiento, siendo principalmente en esta última donde radican las más significativas (0.06 seg. más rápido la del apoyo).

¿Cuáles son las causas para que el lanzamiento sea más lento en suspensión que en apoyo? ¿Se puede afirmar que es más lento?

Para analizar este resultado es preciso conocer previamente los criterios que el autor expone en cuanto a los conceptos *previo*, *fijación* y *lanzamiento* con los que denomina cada una de las fases.

Entiende MAESTRE por fijación «la disponibilidad de las cadenas musculares para el lanzamiento».

Bien es sabido que un movimiento deportivo (o del cuerpo humano en general) se realiza merced a la coordinación de diferentes segmentos corporales gracias a la movilización en cadena de los grupos musculares (cadenas cinéticas musculares). Este encadenamiento se origina en un «apoyo» Cuando el jugador no deja de tener contacto con el suelo, éste le ofrece el apoyo, pero si el jugador se encuentra en suspensión el apoyo debe crearlo él mismo, circunstancia que consigue realizando movimientos con una parte del cuerpo contrarios a los que efectúan los segmentos corporales responsables del lanzamiento, logrando así una zona intermedia en la que no se produce ningún tipo de movimiento (según enuncia HOCHMUTH (1966) en el principio biomecánico de acción-reacción, basado en la tercera ley de NEWTON).

En este sentido la *disponibilidad* que menciona MAESTRE no es entre otras la búsqueda de ese apoyo que va a permitir a los músculos obtener un punto de fijación para su posterior contracción.

Naturalmente esta disponibilidad no termina con la creación de los apoyos. El factor principal para que una cadena muscular obtenga máximos rendimientos es el de la fuerza capaz de desarrollar. Sabido es que para que un automóvil alcance la máxima velocidad es necesario que actúe la mayor cantidad de fuerza y que ésta actúe el mayor tiempo posible (1). Desgraciadamente las limitaciones que nos impone nuestro aparato locomotor impiden que el tiempo sea tan grande como quisiéramos. Por tanto no queda otra salida que la de conseguir las máximas fuerzas posibles en la contracción muscular. Independientemente de lograrlas a base de un entrenamiento específico de fuerza la biomecánica propone una forma de hacerlo, y es enunciado en el principio biomecánico de la fuerza inicial, HOCHMUTH, que dice: «los movimientos deportivos en los que se intenta conseguir una elevada velocidad final deben ir precedidos de un movimiento en sentido contra-

rio, de cuya acción de frenado se dispone en una fuerza positiva para la fase de aceleración...).

El armado del brazo llevando el balón en sentido contrario al del lanzamiento cumple este principio.

En consecuencia la fase de fijación, que va en busca de disponer las cadenas musculares para un mejor lanzamiento, estará caracterizada por los movimientos que garanticen el máximo de aplicación de la fuerza y la creación de las zonas de apoyo que permitan una correcta fijación de los citados músculos.

¿Qué sucede en los lanzamientos que estamos comentando?

El lanzamiento en apoyo, como su nombre indica se realiza «apoyado», en contacto con el suelo. Las cadenas cinéticas se originan en él, apoyo que por otra parte se produce muy rápidamente pues el jugador no dispone más que del tiempo que transcurre entre la ejecución del último paso, ya que a partir de este momento comienza el lanzamiento en sí.

Por el contrario, el lanzamiento en suspensión, debe crear su propio apoyo al efectuar el lanzamiento en el aire. Decíamos que éste se encuentra en una zona intermedia del cuerpo y que se logra con la realización de movimientos iguales pero de sentido contrario (mientras el brazo derecho y el tronco giran a la derecha, la pierna derecha y caderas lo hacen hacia la izquierda). Ello obliga a que, aún cuando el brazo ejecutor ya se encuentre armado al concluir el impulso de la pierna contraria, debe esperar a que concluyan las acciones de giro para iniciar realmente el lanzamiento. Por esta razón podríamos decir que el lanzamiento en suspensión es más lento.

Al revisar la tabla de tiempos veíamos que la fase de lanzamiento se efectuaba con 0.06 seg. más en el de suspensión. Considerábamos el comienzo de esta fase, para la suspensión, cuando concluía el impulso de la pierna izquierda (fotogramas de F-7 a F-9), cuando de acuerdo con los principios que determinan la fase de fijación, deberíamos haberlo considerado en el fotograma F-11, que es cuando concluyen las acciones de giro que están creando el «apoyo». Por tanto la diferencia de tiempos no se encuentra en la fase de lanzamiento sino en la *fase de fijación*.

Esta afirmación sin embargo no va en contra de la conclusión obtenida por MAESTRE, sino más bien la refuerza. El tránsito del apoyo a la suspensión, motivo de este artículo, se en-

(1) Teorema del impulso $\int_{t_i}^{t_f} F(t) dt = mv_f - m v_i$.

encuentra localizado precisamente en la fase de fijación cuyo principal determinante es el salto, salto en el que además se están produciendo movimientos en el tren inferior totalmente contrarios a los que se realizan en el tiro en apoyo para esta misma parte del cuerpo.

Otros aspectos interesantes de destacar en el trabajo que estamos comentando es el que se cita en la conclusión segunda y que dice así: «En el tiro en apoyo no existe rotación del tronco en el armado del brazo».

La generalidad de los técnicos de balonmano suponen que el armado del brazo se realiza llevando el brazo hacia atrás, situando el balón por detrás y encima de la cabeza, que es acompañado con una torsión de tronco hacia el lado del brazo ejecutor del lanzamiento.

Por el contrario el jugador objeto de estudio realiza, como explica MAESTRE, un giro sobre la pierna que efectúa el penúltimo apoyo, lo que provoca un giro de la cadera hacia el mismo lado situando al jugador lateralmente a la dirección por la que va a ser lanzado el balón. El brazo se encuentra de la misma forma que la indicada en la técnica clásica.

Los supuestos técnicos tienen un fundamento biomecánico evidente en cuanto los movimientos de brazo y tronco no hacen sino cumplir el principio de la fuerza inicial, ya comentado, al realizar movimientos en sentido contrario. Pero tiene asimismo un inconveniente. Si lográsemos colocar el balón más lejos del punto donde va a desprenderse de la mano al final del lanzamiento conseguiríamos aumentar el trayecto de aceleración del balón y en consecuencia del tiempo de aplicación de la fuerza, con lo que conseguiríamos mayor velocidad final. Si este aumento del trayecto de aceleración se lograra a expensas de los movimientos en sentido contrario, que cumplen el principio de la fuerza inicial, correríamos el riesgo de invertir el máximo de tensión muscular en frenar estos movimientos y no en acelerar el balón (principio del curso óptimo de aceleración. HOCHMUTH, 1966). ¿Cómo compatibilizar entonces ambos supuestos?

Los resultados obtenidos por el autor pueden orientarnos en este sentido.

En la primera conclusión de su trabajo dice: «En el tiro en apoyo, con carrera previa a los tres pasos específicos, la realización de un salto del primer al segundo apoyo favorece el frenado (necesario para la fase de fijación)». Y en el punto 4 de la discusión biomecánica para el tiro en apoyo «la cadera derecha se adelanta (rotación interna del muslo derecho) coincidiendo en el instante comentado en el punto 3 (1), situando el tronco en rotación a la derecha con lo que los músculos oblicuos se elongan para sumar su efecto al del brazo en la fase de lanzamiento».

Estos resultados son idénticos a los supuestos técnicos para el lanzamiento de jabalina. Recordemos que el jabalinista efectúa un pequeño salto, para situar así el apoyo por delante de la línea de gravedad y aumentar el trayecto de aceleración, sitúa el cuerpo lateralmente a la dirección del lanzamiento, para desde esta posición «meter cadera adelante» (creación del arco tenso. FIDELUS, 1971) e iniciar el lanzamiento.

Así actúa nuestro jugador. Compatibiliza de esta forma los dos supuestos: con el salto y giro de todo el cuerpo consigue ampliar el tiempo de actuación de las fuerzas sobre el balón y con la rotación de cadera a la izquierda provoca la extensión de los músculos (crea una fuerza inicial) que luego actuarán en el lanzamiento a nivel del tronco.

Mientras tanto en la suspensión el jugador no tiene más remedio que realizar el armado gracias a la torsión de tronco y brazo atrás, ya que si intentase situarse lateralmente, como quiera que está en el aire, no lograría volver a encarar la portería y en consecuencia no tendría ningún sentido el lanzamiento.

Naturalmente hemos estado comentando los supuestos biomecánicos ante la exigencia de la máxima potencia de tiro. ¿Serán válidos éstos cuando se precise la máxima precisión? ¿Lanzaría el balón de la misma forma?

(1) La fijación se realiza con el contacto del tercer apoyo (pierna izquierda) coincidiendo con el final del armado del brazo. Cumpliéndose los principios de la fuerza inicial y acción-reacción.

PERCUTALIN

Antialgico
y antiinflamatorio
percutáneo

Fórmula por ampolla (no inyectable)

Dexametasona 1 mg
Salicilamida 170 mg
Salicilato de etilenglicol 200 mg
Nicotinato de metilo 10 mg
Excipiente c.s.p. 2 c.c.

Caja con 12 ampollas percutaneas de
2 c.c. autorrompibles 105.10 ptas.

Dosificación :

De ataque 2-4 ampollas
(no inyectables) diarias durante
un periodo comprendido
entre 2 y 6 dias

Indicaciones Terapéuticas :

Esguinces, roturas y contusiones
de musculos, tendones y ligamentos
Artritis, artrosis, periartrosis,
sinovitis, ciática, dolores cervicales,
neuralgias, lumbago, agujetas, etc.

En reumatología, traumatología,
reeducacion funcional, Medicina
general y laboral. Antialgico de
aplicacion local percutanea



Dr. J. Martín - Dr. C. Huard - A. Matisse - (Cinés, 1969, 1, 31, 185)

Sobre más de 200 observaciones, desde el rugby al volley-ball, pasando por el atletismo y la natación.

Repasando una por una las fichas de los tratamientos con Percutalgine (Percutalin), nos hemos dado cuenta, rápidamente, que los resultados obtenidos han sido netamente positivos.



Industrial Farmacéutica de Levante, S.A.

BARCELONA - Mallorca, 216 MADRID - Plaza Isabel II, 5