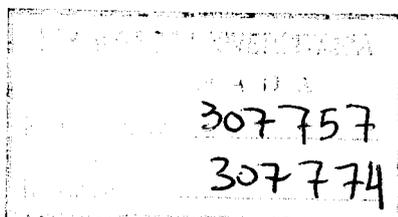


# TESIS DOCTORAL

## INFLUENCIA DE LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE APOYO EN LA EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE LA FUERZA EXPLOSIVA. SU ENTRENAMIENTO.



**AUTOR:** Paulino Padial Puche

**DIRECTOR:** Dr. Antonio Oña Sicilia

**UNIVERSIDAD DE GRANADA**

**DEPARTAMENTO DE PERSONALIDAD, EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO  
PSICOLÓGICO.**

**PROGRAMA: MOTRICIDAD HUMANA**

**Granada, Mayo de 1994**

## ÍNDICE

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	17
--------------------	----

### CAPÍTULO 1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	21
1.1. <b>La fuerza como cualidad física fundamental del sistema deportista en el salto vertical</b> .....	22
1.2. <b>Estudio del salto vertical y su aplicación al voleibol</b> .....	35
1.2.1. Estudio mecánico del remate de voleibol .....	35
1.2.1.1. Altura del remate de voleibol .....	36
1.2.1.2. Análisis temporal del remate de voleibol .....	37
1.2.2. Estudio mecánico del salto de bloqueo .....	42
1.3. <b>Participación muscular en el salto vertical</b> .....	46

1.4. Factores que determinan la activación muscular . . . . .	49
1.4.1. Tipo de contracción a realizar para el	
salto vertical . . . . .	50
1.4.1.1. Isométrica . . . . .	50
1.4.1.2. Anisométrica . . . . .	52
1.4.1.2.1. Concéntrica . . . . .	52
1.4.1.2.2. Excéntrica . . . . .	53
1.4.1.2.3. Combinada . . . . .	53
1.4.1.2.4. Pliométrica . . . . .	54
1.4.2. Particularidades de la manifestación de la fuerza muscular . . . . .	54
1.4.2.1. Fuerza Dinámica . . . . .	54
1.4.2.2. Fuerza Estática . . . . .	57
1.4.3. El carácter de la contracción . . . . .	60
1.4.4. Longitud inicial y ángulo de la articulación . . . . .	61
1.5. Factores determinantes de la manifestación de la fuerza . . . . .	63
1.5.1. Factores morfológicos . . . . .	63
1.5.1.1. Sección transversal del músculo . . . . .	63
1.5.1.2. Estructura del músculo . . . . .	68
1.5.1.2.1. Tipología de las fibras musculares . . . . .	68
1.5.1.2.2. Relación hipertrofia-tipo de fibras . . . . .	71
1.5.1.2.2.1. Hipertrofia general . . . . .	72
1.5.1.2.2.2. Hipertrofia selectiva . . . . .	72

1.5.1.3. Disposición anatómica de las fibras . . . . .	76
1.5.1.4. Longitud inicial del músculo . . . . .	76
1.5.2. Factores nerviosos . . . . .	80
1.5.2.1. Frecuencia de impulsos . . . . .	81
1.5.2.2. Agrupación de unidades motrices . . . . .	82
1.5.2.3. Sincronización . . . . .	85
1.5.2.4. Coordinación intermuscular . . . . .	86
1.5.3. Factores ligados al ciclo estiramiento acortamiento . . . . .	86
1.5.3.1. Participación de las propiedades elásticas . . . . .	89
1.5.3.2. El reflejo Miotático . . . . .	92
1.5.4. Factores Comportamentales: Control de la información . . . . .	93
1.5.4.1. Retroinformación . . . . .	93
1.5.4.1.1. Tipos de Feedback . . . . .	94
1.5.4.1.2. Variables críticas del Feedback en el aprendizaje . . . . .	96
1.5.4.1.3. La administración de la información como entrenamiento deportivo . . . . .	102
1.6. <b>Objetivos</b> . . . . .	105

## CAPÍTULO 2

### 2. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO FÍSICO EMPLEADO POR LA SELECCIÓN ESPAÑOLA DE VOLEIBOL EN SU PREPARACIÓN PARA LA OLIMPIADA DE BARCELONA '92.

<b>2.1. Descripción del macrociclo empleado</b> .....	110
2.1.1. Estructura del macrociclo empleado .....	111
2.1.1.1. Temporalización del ciclo .....	113
2.1.1.2. Análisis de la carga empleada en el ciclo .....	118
<b>2.2. Período Preparatorio</b> .....	119
2.2.1. Estructura y función del Período Preparatorio .....	119
2.2.1.1. Etapa de Preparación General .....	122
2.2.1.1.1. Mesociclo de Introducción .....	123
2.2.1.1.2. Mesociclos Básicos de Preparación General .....	123
2.2.1.2. Etapa de Preparación Especial .....	124
2.2.1.2.1. Mesociclo Básicos Especiales .....	125
2.2.2. Descripción de los test empleados para el control .....	126
2.2.2.1. Bateria de pruebas de ejecución de Fuerza Dinámica .....	126
2.2.2.1.1. Calentamiento .....	128
2.2.2.1.2. Preparación y ajuste del material .....	128
2.2.2.1.3. Material .....	130

2.2.2.1.4. Adquisición y análisis de datos . . . . .	139
2.2.2.1.5. Salto Vertical o <i>Detente</i> . Squat Jump (SJ) . . . . .	141
2.2.2.1.6. Contramovimiento (CMJ) . . . . .	142
2.2.2.1.7. Contramovimiento con acción de brazos (ABA) . . . . .	143
2.2.2.1.8. Drop Jump (DJ) . . . . .	144
2.2.2.1.9. Curva de Fuerza Velocidad con SJ . . . . .	144
2.2.2.1.10. Prueba de Resistencia de Fuerza Explosiva . . . . .	146
2.2.3. ESTUDIO 1°. Análisis de los resultados de la Preparación General . . . . .	148
2.2.3.1. Método . . . . .	148
2.2.3.1.1. Sujetos . . . . .	148
2.2.3.1.2. Instrumental . . . . .	148
2.2.3.2. Diseño . . . . .	148
2.2.3.3. Procedimiento . . . . .	149
2.2.3.4. Resultados . . . . .	151
2.2.4. ESTUDIO 2°. Análisis de los medios utilizados en la Preparación General . . . . .	154
2.2.4.1. Método . . . . .	154
2.2.4.2. Diseño . . . . .	156
2.2.4.3. Procedimiento . . . . .	156
2.2.4.4. Resultados . . . . .	156
2.3. <b>ESTUDIO 3°: Influencia de la angulación muslo-pierna en la altura del salto</b>	
2.3.1. Planteamiento del problema . . . . .	159
2.3.2. Método . . . . .	170

2.3.2.1. Sujetos . . . . .	170
2.3.2.2. Instrumental . . . . .	170
2.3.3. Diseño . . . . .	171
2.3.3.1. La altura del salto como variable dependiente . . . . .	171
2.3.3.2. La angulación muslo-pierna como variable independiente . . . . .	171
2.3.3.3. El control de las variables extrañas . . . . .	171
2.3.4. Procedimiento . . . . .	172
2.3.4.1. Descripción del gesto . . . . .	172
2.3.4.2. Desarrollo . . . . .	174
2.3.5. Resultados . . . . .	177
2.3.6. Discusión . . . . .	182
2.3.7. Aplicación al entrenamiento de este estudio . . . . .	184
<b>2.4. ESTUDIO 4º: Correlaciones entre las diferentes manifestaciones de fuerza y el alcance total.</b>	
2.4.1. Método . . . . .	187
2.4.1.1. Sujetos . . . . .	187
2.4.1.2. Instrumental . . . . .	188
2.4.2. Diseño . . . . .	188
2.4.3. Procedimiento . . . . .	188
2.4.4. Resultados . . . . .	188
2.4.5. Discusión . . . . .	190

<b>2.5. ESTUDIO 5º: Análisis de los resultados de la preparación general. Estudio comparativo con los resultados de la etapa de preparación general. . . . .</b>	<b>191</b>
2.5.1. Método . . . . .	191
2.5.2. Diseño . . . . .	192
2.5.3. Desarrollo . . . . .	192
2.5.4. Resultados . . . . .	194
2.5.5. Discusión . . . . .	195
2.5.5.1. Informe del Equipo . . . . .	200
2.5.5.2. Informe Individual . . . . .	200
<b>2.6. ESTUDIO 6º: Análisis de los medios utilizados en la preparación especial. .</b>	<b>.</b>
2.6.1. Método . . . . .	204
2.6.2. Diseño . . . . .	204
2.6.3. Desarrollo . . . . .	205
2.6.4. Resultados . . . . .	205
<b>2.7. ESTUDIO 7º: Correlaciones entre las diferentes manifestaciones de fuerza y los test . . . . .</b>	<b>209</b>
2.7.1. Método . . . . .	209
2.7.1.1. Sujetos . . . . .	209
2.7.1.2. Instrumental . . . . .	209
2.7.2. Diseño . . . . .	209
2.7.3. Procedimiento . . . . .	211

2.7.4. Resultados . . . . .	211
2.8. <b>Conclusiones sobre la organización temporal y la forma de estructuración del macrociclo empleado . . . . .</b>	<b>212</b>

### CAPÍTULO 3

#### 3. EFECTO DE LAS DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE IMPULSO EN LA EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE FUERZA EXPLOSIVA.

3.1. <b>ESTUDIO 8º: Influencia del tiempo de impulso en la altura del salto. . . .</b>	<b>218</b>
3.1.1. Planteamiento del problema . . . . .	218
3.1.2. Método . . . . .	218
3.1.2.1. Sujetos. . . . .	218
3.1.2.2. Instrumental. . . . .	219
3.1.2.3. Diseño. . . . .	219
3.1.2.4. Procedimiento. . . . .	219
3.1.3. Resultados. . . . .	219
3.1.4. Discusión. . . . .	225

#### 3.2. **ESTUDIO 9º: Efecto de la preactivación muscular sobre el tiempo de impulso y**

**la altura del salto vertical.**

3.2.1. Planteamiento del problema . . . . .	227
3.2.2. Método . . . . .	229
3.2.2.1. Sujetos . . . . .	229
3.2.2.2. Instrumental. . . . .	229
3.2.2.3. Diseño. . . . .	230
3.2.2.4. Procedimiento. . . . .	231
3.2.3. Resultados. . . . .	232
3.2.4. Discusión . . . . .	238

**CAPÍTULO 4.**

**4. ENTRENAMIENTO DE LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE IMPULSO.**

**4.1. ESTUDIO 10º: Influencia del entrenamiento tradicional en la disminución del tiempo de impulso.**

4.1.1. Planteamiento del problema. . . . .	244
4.1.2. Método. . . . .	244
4.1.2.1. Sujetos . . . . .	244
4.1.2.2. Instrumental. . . . .	244
4.1.2.2.1. Software de adquisición de registros . . . . .	245
4.1.2.3. Diseño. . . . .	249

4.1.2.4. Procedimiento. . . . .	250
4.1.2.5. Resultados. . . . .	252
4.1.2.6. Discusión. . . . .	257
<b>4.2. ESTUDIO 11º: Influencia del entrenamiento del tiempo de impulso sin afectar la eficacia del salto.</b>	
4.2.1. Método. . . . .	259
4.2.1.1. Sujetos . . . . .	259
4.2.1.2. Instrumental. . . . .	262
4.2.2. Diseño. . . . .	262
4.2.2.1. Estrategia Experimental . . . . .	264
4.2.3. Procedimiento. . . . .	267
4.2.3.1. Procedimiento de la Estrategia A + B . . . . .	268
4.2.3.2. Procedimiento de la Estrategia A + C . . . . .	271
4.2.3.3. Procedimiento de la Estrategia A + B + C . . . . .	276
4.2.3.4. Procedimiento de la Estrategia A + C + B . . . . .	276
4.2.4. Resultados . . . . .	277
4.2.4.1. Resultados Intrasujeto . . . . .	277
4.2.4.1.1. Análisis Intrasujeto . . . . .	277
4.2.4.1.2. Análisis de la Series Temporales y nivel de significación . . . . .	363
4.2.5. Discusión. . . . .	362

## CAPÍTULO 5

5.	DISCUSIÓN GENERAL	
5.1.	Puesta en funcionamiento de un Sistema Automático y Portable para el Control de la Fuerza Dinámica. . . . .	370
5.2.	Desarrollo de un Sistema de Entrenamiento Físico para los jugadores de élite en Voleibol. . . . .	371
5.3.	Análisis del Tiempo de Impulso . . . . .	376
5.2.1.	El tiempo de Impulso y su influencia en el Salto Vertical . . . . .	376
5.2.2.	El Entrenamiento del Tiempo de impulso . . . . .	377
6.	Conclusiones . . . . .	379

## BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS . . . . .	383
-----------------------	-----

## ANEXO A

PLANILLAS DE TOMA DE DATOS . . . . .	392
--------------------------------------	-----

**ANEXO B**

INSTRUCCIONES ..... 399

## INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más difíciles de los que se ocupa la teoría del entrenamiento es individualizar y personalizar el entrenamiento mediante evaluaciones bioenergéticas, biomecánicas, psicológicas, electromiográficas, dinamométricas, cinematográficas, etc., de forma que podamos determinar cuales son las capacidades físicas más importantes para poder practicar con éxito una determinada disciplina deportiva.

El conocimiento de todos estos aspectos es indispensable para poder elegir y programar correctamente una metodología de entrenamiento, que no se base solamente en observaciones y experiencias empíricas.

Mi tarea investigadora y docente se centra en el campo de la Teoría del Entrenamiento, cuya labor es buscar las leyes y principios que rijan el proceso del entrenamiento, de forma que se creen los medios, los métodos y los sistemas que lo llevan a cabo de forma óptima para el rendimiento del deportista, por lo que nos hemos tenido que enfrentar a este problema en infinidad de ocasiones.

El año 1992, tan relevante en el campo deportivo para España, nos trajo la oportunidad de realizar nuestro trabajo de investigación con deportistas de élite, ya que la Selección

Olimpica de Voleibol se traslado a Granada, para realizar el último ciclo de preparación de cara a la Olimpiada del 92, en régimen de concentración. A raíz de ello, su entrenador, el profesor Gilberto Herrera (profesor de Voleibol de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Habana, Cuba) y su equipo técnico contactó con nosotros, dentro del convenio que suscribieron la Federación Española de Voleibol y la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Granada, para que le ayudáramos en la preparación de la Selección. La ayuda debía consistir en controlar el entrenamiento y dar las pautas de trabajo para los ciclos siguientes, de manera que el equipo estuviera en su mejor momento de forma para la olimpiada de Barcelona'92.



## CAPÍTULO 1

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. La fuerza como cualidad física fundamental

Uno de los aspectos fundamentales del entrenamiento del voleibolista, lo constituye la *Preparación Física*, que gracias a la educación de las capacidades de fuerza, resistencia, coordinación y amplitud de movimientos, junto al objetivo de mejorar la aptitud de velocidad específica, consigue un alto nivel de preparación que nos lleva a la obtención de los resultados deportivos.

El Voleibol moderno necesita una preparación física especial muy ligada a los diseños técnico-tácticos, lo que hace que la preparación física sea un reflejo de los planteamientos estratégicos del entrenador y no pueden ir divorciados.

Para empezar a profundizar en los factores fundamentales del entrenamiento del jugador de voleibol, lo primero a aclarar es la concepción del deportista que tenemos y su importancia para la planificación del entrenamiento.

Cuando un determinado entrenador, se plantea que los jugadores consigan unos resultados en competición, lo primero que se pregunta es,

- ¿ Qué tienen que hacer para conseguirlo?.

De este planteamiento surge la siguiente pregunta,

- ¿ Cómo mejoran los deportistas?.

A nivel coloquial diríamos *entrenando*, y podríamos añadir, *más y mejor*. Pero si queremos llegar al fondo del asunto, a comprender los mecanismos que hacen que se entrene más y mejor, debemos plantearnos una reflexión más profunda,

- ¿ Cúal es la base del entrenamiento?.

Sin ninguna duda podíamos contestar que *el deportista mejora, porque con el entrenamiento se adapta cada vez mejor al trabajo que tiene que realizar en competición*.

- ¿ Y que quiere decir se adapta?.

Que sus sistemas motriz y vegetativo realizan el trabajo con mayor eficacia, o sea, igual trabajo con menor gasto, o con el mismo gasto, mayor trabajo. El termino adaptación designa el resultado del proceso (Platonov, 1991). Y de aquí nos surge otra pregunta no menos interesante,

- ¿ De qué depende que se adapte?.

La adaptación del organismo humano se refleja del principio universal de la adaptación, común a todos los organismos vivos y que depende de las condiciones del medio ambiente en el que se desenvuelven (Platonov, 1991). Por ello, el incremento motriz humano se basa en una serie de mecanismos biológicos y de adaptación que dependen de la cantidad y calidad de estimulación que el medio ambiente le ofrezca a los órganos y sistemas del organismo. Pero esta estimulación sólo produce un incremento de la adaptación al organismo cuando éste se encuentre preparado para contrarrestar la inhibición que puede producir en sus sistemas.

El objetivo final de esa adaptación es que el deportista produzca *movimiento*, dicho en términos más concretos que realice un gesto deportivo, en nuestro caso un gesto de voleibol, y si el movimiento es el objetivo, es a partir de él como debemos estudiar la

adaptación. Primero, qué es lo que hay que estimular y luego, como hacerlo.

Trataremos de responder a la primera pregunta, ¿qué hay que estimular?, desde el punto de vista de la Teoría del Entrenamiento y para ello empezaremos analizando como se produce el movimiento.

Estudiando el cuerpo humano con una óptica mecanicista, desde el punto de vista de la teoría, vamos a considerar al deportista como un Sistema. Este Sistema está constituido por el aparato locomotor como estructura, donde los músculos son el motor que actúa sobre las palancas óseas para producir el movimiento. A esta acción se le denomina contracción muscular (resultado de la tensión muscular). Para que esto se produzca es necesario que las fibras musculares sean estimuladas por los nervios, que transmiten los impulsos necesarios desde el sitio donde se generan, el Sistema Nervioso Central.

Los planes para que se produzcan los movimientos se elaboran en la corteza frontal, los movimientos se inician y coordinan en los ganglios basales, después toma el relevo el cerebro a través del tálamo y las órdenes finales surgen de la corteza motora hacia la médula espinal; una vez allí, son transmitidas al músculo por las motoneuronas (Wolf, 1982). Todo ello forma lo que llamamos Estructura.

Pero para que esta estructura se mueva, aún falta la energía necesaria para ello. Esta energía la consigue la estructura del ATP (Adenosintrifosfato) que se resintetiza, por lo que los fisiólogos llaman vías de obtención de energía (Henriksson, 1992), y que son una serie de vías bioquímicas que a partir de substratos como los Hidratos de Carbono (HC), Lípidos y en algunos casos Proteínas, metabolizándolos dan el ATP acompañado de productos finales. Estos metabolismos son la Fosfogénesis, la Glucólisis (aerobia y anaerobia) y la Lipólisis (figura 1.1 y 1.2).

## INSERTAR LAS FIGURAS 1.1 y 1.2

La Estructura se relaciona con la energía en función a la duración e intensidad con que demande el ATP ( Cometti, 1988. Representado en la figura 1.3).

## INSERTAR LA FIGURA 1.3

La unión de la Estructura con la Energía forma lo que vamos a denominar sistema deportista (Padial, 1993) y que es un conjunto de estructuras y reglas, que enlazadas entre sí, forman una unidad de funcionamiento en el sistema biológico que es el cuerpo humano, para producir el movimiento o gesto deportivo. Esta concepción basada en los resultados de las investigaciones de Anojin (1975, citado por Platonov, 1991) comprende los centros nerviosos, los órganos ejecutores y las relaciones conductuales del ser humano. Estas relaciones conductuales son un sistema de interacciones que constituyen la conducta y que suponen la doble acción del medio sobre el organismo. Por un lado, los cambios que sufre el organismo, para responder así, y por otro, los que el organismo produce sobre el medio.

En este sentido la estimulación proviene del medio y el organismo es el encargado de procesarla a través de diferentes estructuras, que las trata como unidades de información. Estas unidades una vez procesadas, hacen que se emita la respuesta, que una vez ejecutada, puede servir como una nueva unidad de información (feedback; Oña, 1994).

Los segmentos del cuerpo humano forman una sistema de mallas, relacionadas entre sí y sometidas a leyes físicas, dentro de un sistema biológico, que se diferencia de los sistemas mecánicos, en que tienen órganos de los sentidos que le permiten seleccionar, codificar y elaborar constantemente las informaciones producidas por señales aferentes

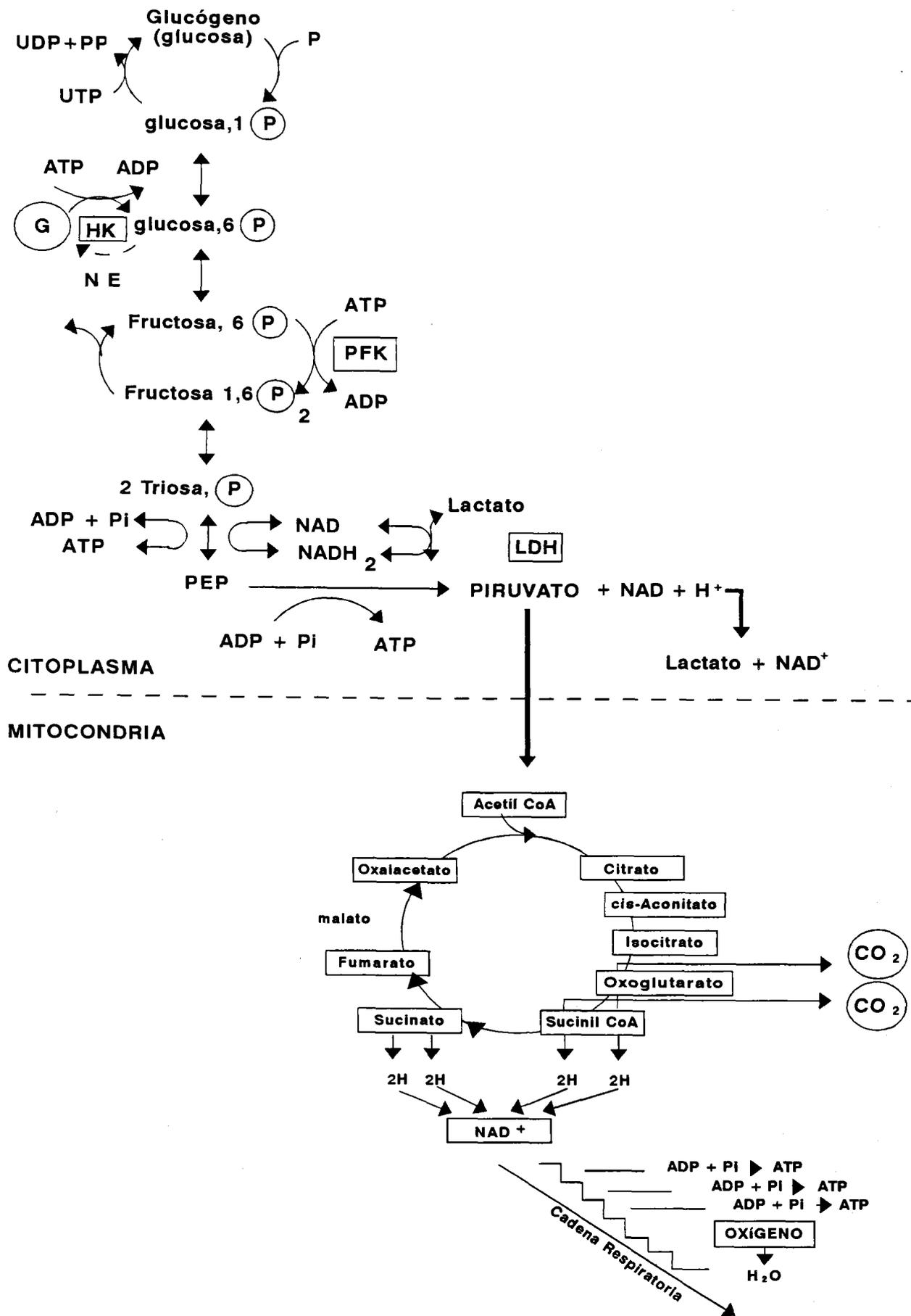


Figura 1.1: Esquema de los procesos de obtención de energía durante la actividad física

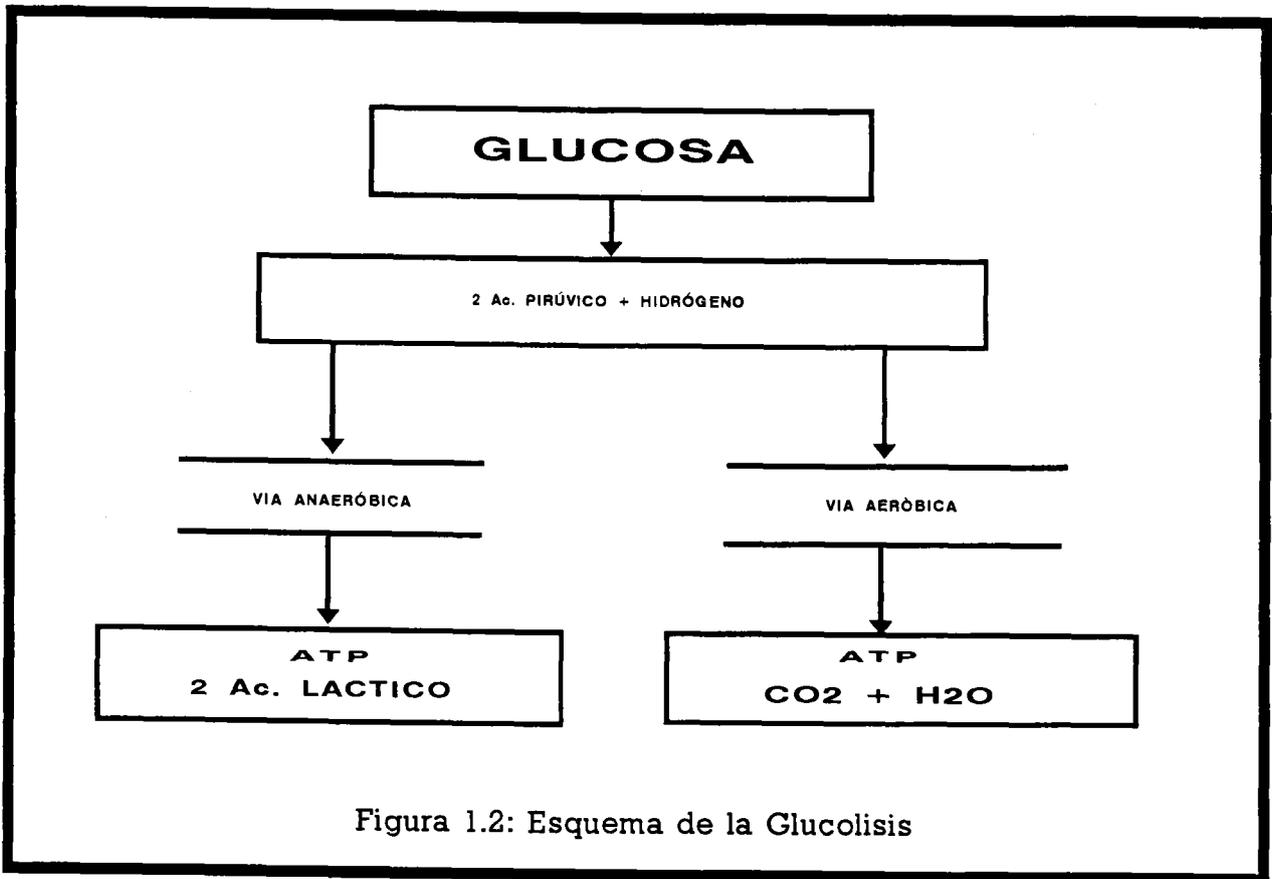


Figura 1.2: Esquema de la Glucolisis

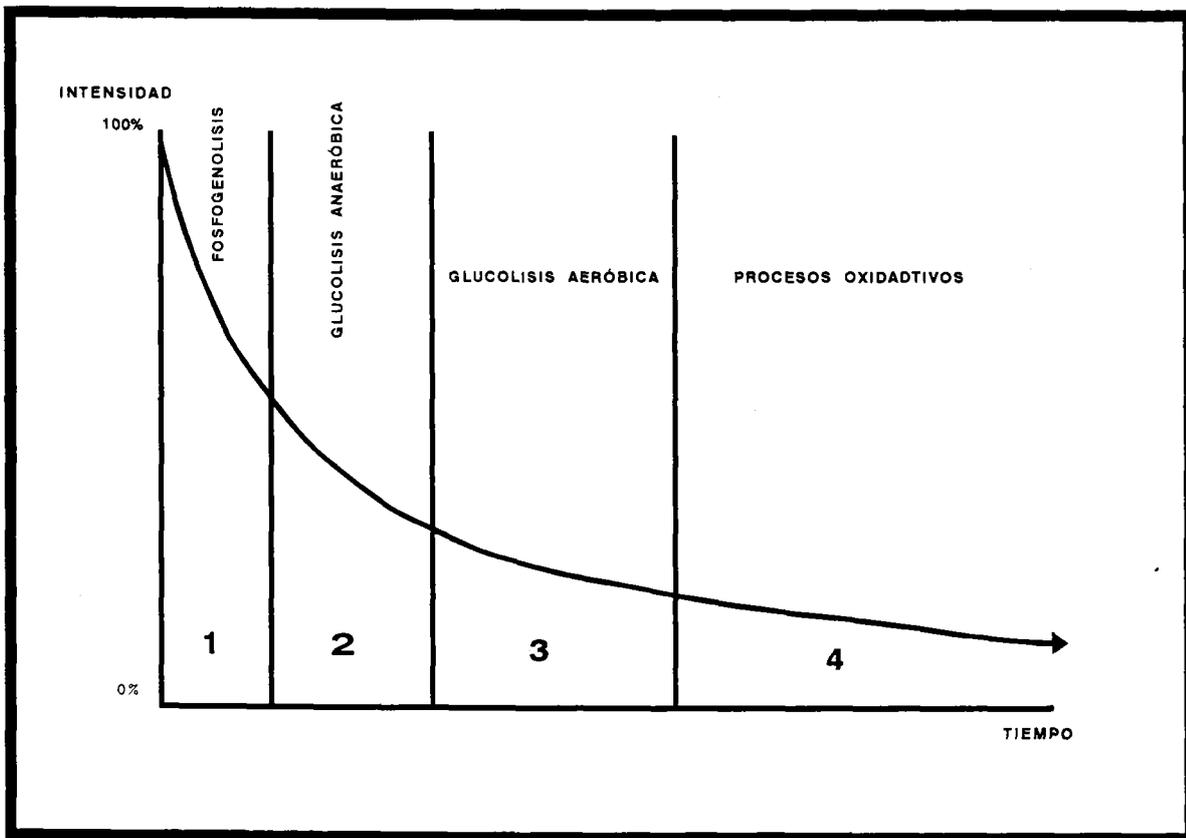


Figura 1.3: Relación Energía-Estructura en el Sistema Deportista.

(también propioceptivas). Estas informaciones llegan a los centros de control, donde se suscitan las modificaciones en el sistema motriz previamente programado (Grawronski, 1971, citado por Platonov, 1991).

Según Anojin (1975, citado por Tschiene, 1988), el resultado de la acción es un factor que estimula al sistema (feedback), por lo tanto representa un factor de formación y estímulo para el mismo, en el mismo sentido que expone Oña (1994).

Este modelo de procesamiento se adapta al modelo de Servosistema, que partiendo de los sistemas de procesamiento de la información ha evolucionado.

Este modelo integra los componentes anatómicos de una respuesta motora con los componentes comportamentales, en ello seguimos a Tschiene (1989) o Schmidt (1988), que indican que el servosistema parece el modelo más adecuado para utilizarlo en los mecanismos propios del Comportamiento Motor.

Una vez que hemos visto como se produce el movimiento, objetivo del entrenamiento, observamos que en el gesto deportivo cada palanca tiene que realizar un recorrido concreto, con una amplitud determinada, lo que tendremos que tener en cuenta a la hora de adaptar al organismo.

Analizando al *Sistema Deportista*, comprobamos que los estímulos se deben dar con una intensidad y en unas fibras, para que el movimiento responda al modelo que tenemos de él, o sea, tiene que existir una coordinación entre impulsos a nivel central, en cuanto a espacio y tiempo.

En función a estas reflexiones, podemos hacer un esquema del *Sistema Deportista*, teniendo como centro de él a la Estructura, e incidiendo sobre ella o condicionando su movimiento a la energía, la amplitud y la coordinación, tal y como se observa en la figura 1.4.

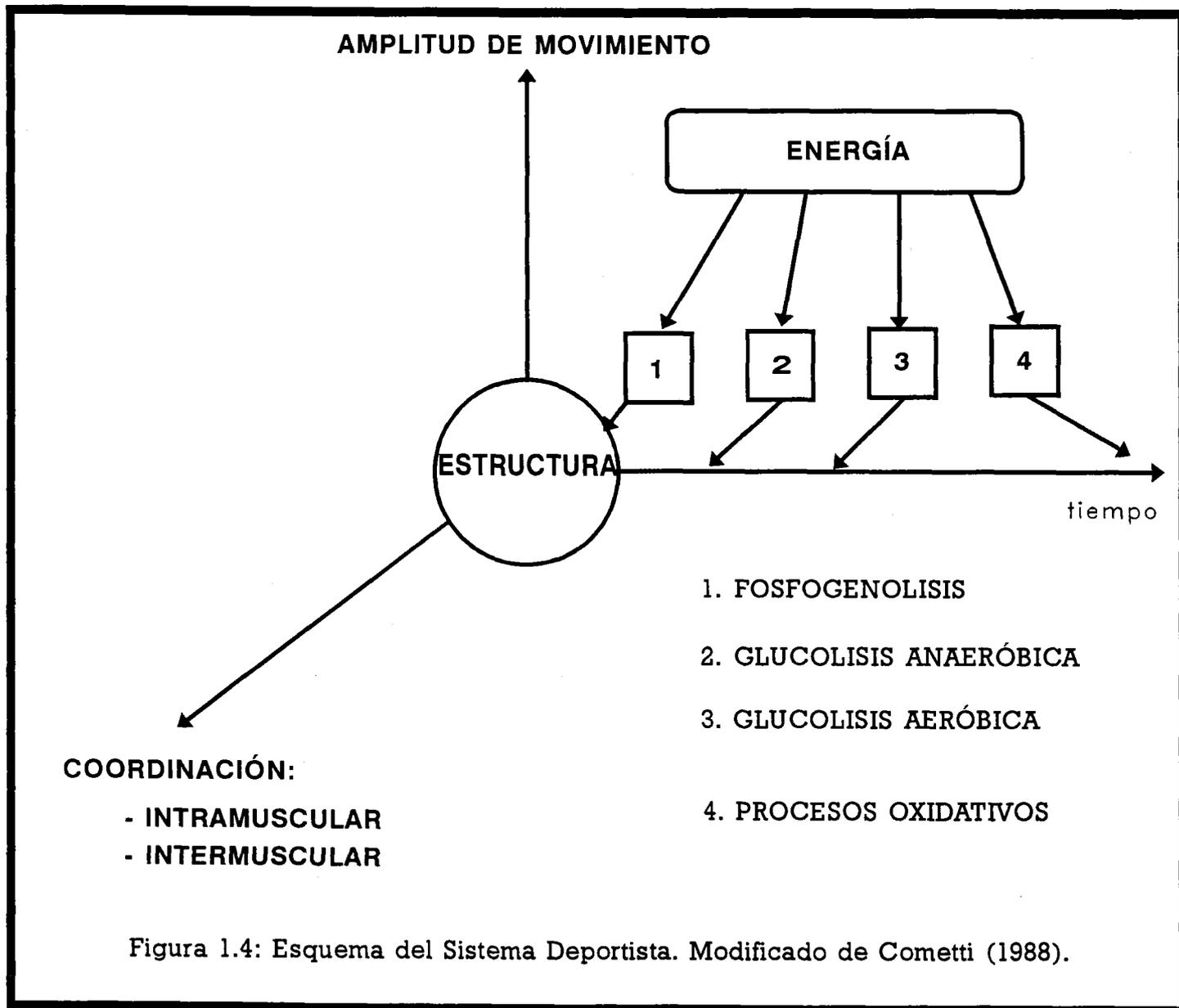
#### INSERTAR LA FIGURA 1.4

Una vez que sabemos lo que hay que estimular, vamos a nombrar y estudiar estos factores que llamaremos capacidades del sistema deportista. Las clasificaciones de las cualidades físicas se conocen desde Bellin de Coteau (citado por Alvarez, 1985), con algunas variantes, pero estos modelos teóricos no responden a la realidad del entrenamiento bajo esta nueva concepción que estamos creando, por lo que vamos a tratar de desarrollar una nueva clasificación en base a los conceptos que estamos desarrollando, y que dentro del esquema del sistema deportista (figura 1.4) hemos plasmado en la figura 1.5 (Padial, 1993):

#### INSERTAR LA FIGURA 1.5

La estructura se mueve gracias a las tensiones musculares. A la creación de tensión en el músculo se le conoce comúnmente como fuerza, y la definimos como *aquella tensión que el músculo manifiesta durante su contracción* (Beritov, 1947, citado por Kuznetzov, 1984).

La aplicación de esta tensión por parte del músculo se realiza durante un tiempo determinado, en esta relación reconocemos a otra capacidad, la resistencia, entendiéndola como la capacidad de aportar energía para poder realizar los diferentes metabolismos por parte del *Sistema Deportista*, acompañado de la capacidad mental que permita soportar la fatiga propia de este tipo de actividad (Platonov, 1988). Por tanto podemos definir la resistencia, como *la capacidad psicobiológica del Sistema Deportista de aportar la energía necesaria para realizar un ejercicio, con la intensidad requerida, durante el mayor tiempo posible* (Hegedüs, 1986).



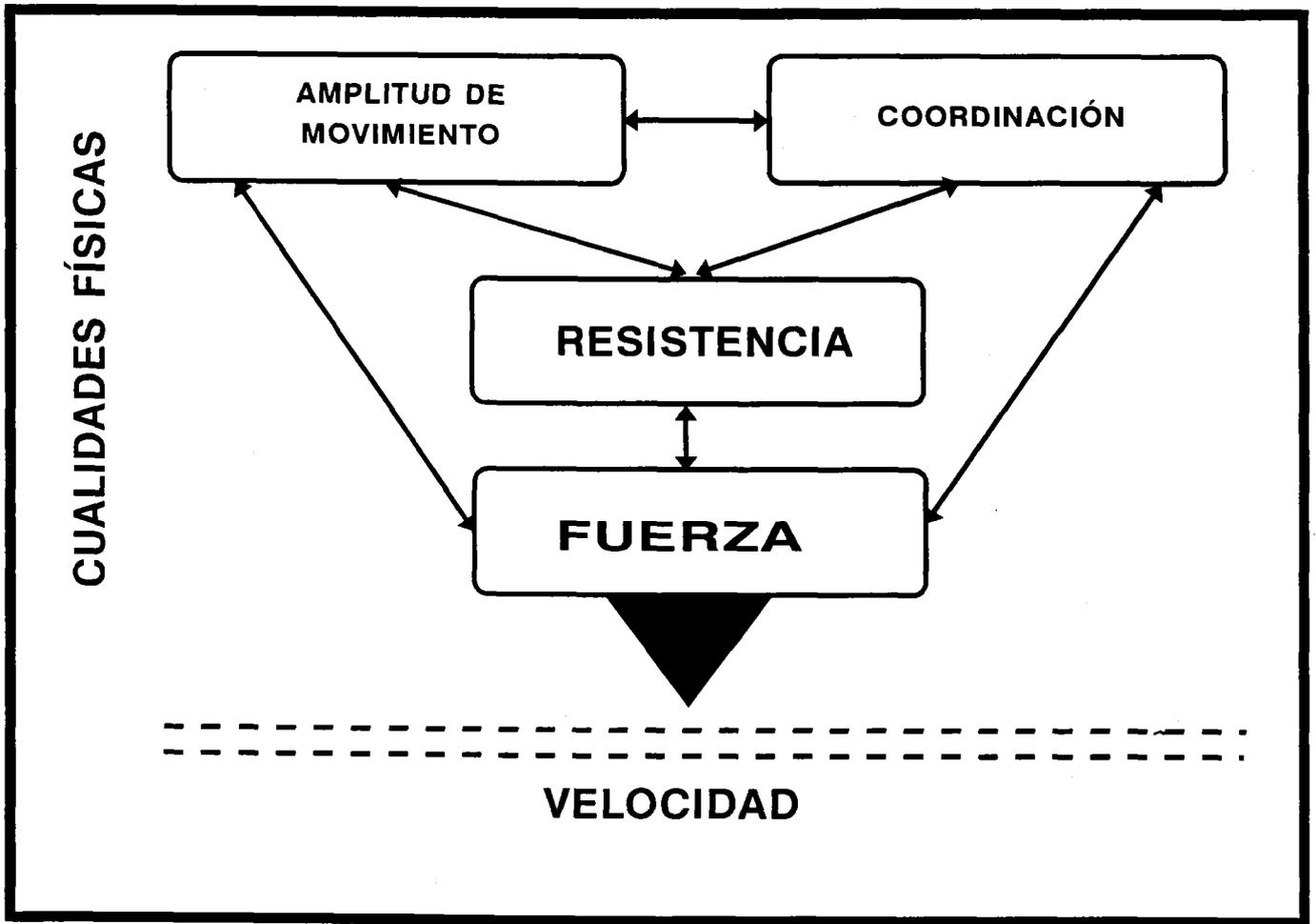


Figura 1.5: Esquema de las Capacidades Físicas del Sistema Deportista.

La amplitud de los arcos articulares, durante la realización de los movimientos, depende de la movilidad articular y la elasticidad. Esta capacidad se refiere a las propiedades morfológico-funcionales del aparato locomotor y la podemos definir como *el máximo grado de amplitud permitido por una articulación, en función a su estructura y limitado por el aparato de conjunción y por la tensión de los músculos antagonistas* (Matveev, 1983).

El último factor a considerar dentro de la estructura, es la secuencia espacio-temporal del gesto, que responde a los mecanismos de creación y control de los impulsos nerviosos que estimulan las fibras musculares y que hemos denominado coordinación. Matveev (1983), siguiendo a Pavlov, define la Coordinación dentro de las funciones del Sistema Nervioso Central, como la *aptitud de organizar actos motrices integrales* y yo añado, dando las secuencias de impulsos (en espacio y en tiempo) necesarias.

Según de Vries (1980), puede hipotetizarse que la velocidad de desplazamiento y de ejecución puede mejorarse por el incremento de la fuerza, de la coordinación neuromuscular y una mayor amplitud de movimientos, por lo que no lo consideramos como una capacidad física del Sistema Deportista, sino como combinación de ellas, lo que la convierte en el objetivo del entrenamiento, como se refleja la figura 1.5.

Todos estos hechos hacen, que el conjunto de la actividad humana en deporte, se organice de una forma determinada y en base a la realización por parte del deportista de los Ejercicios Físicos, que es la forma fundamental de modificar las condiciones del entorno para crear las estimulaciones necesarias, en el sentido deseado para que se de la adaptación.

El objetivo del Entrenamiento, por tanto, consiste en la obtención y elevación de la Preparación del Deportista (*proceso multifacético de utilización racional del total de los factores que permiten influir de manera dirigida sobre el crecimiento del deportista y asegurar el grado necesario de su disposición a alcanzar elevadas marcas deportivas*). Matveev,

1983).

Una vez aclarada la base conceptual sobre la que basamos la preparación de los jugadores de Voleibol, el primer análisis se centro en el examen del deporte que teníamos, el Voleibol, desde el punto de vista de las exigencias impuestas a los jugadores en la situación de juego.

En lo que se refiere a Voleibol, existen pocas informaciones disponibles, por ello recurrimos al artículo de Viitasalo (1991) donde trata las exigencias del entrenamiento y la competición en Voleibol. Sobre la base de estos estudios de los requerimientos energéticos (confirmados por nosotros con mediciones de lactacidemia en sangre durante los partidos de entrenamiento de equipos inferiores), es posible concluir que el Voleibol es un deporte aeróbico, caracterizado por la realización de esfuerzos, que apelan a la potencia anaeróbica aláctica, con una frecuencia que permite largos intervalos de recuperación. También se requiere un alto consumo de oxígeno para limitar la producción de lactato y la recuperación rápida durante los partidos y entre estos.

Pero sin duda, el aspecto más importante del voleibol lo constituye el análisis del salto vertical, ya que es determinante en la mayoría de las acciones de juego.

- ¿ Cuáles son los gestos y cuáles los elementos de juego que requieren un alto desarrollo de la capacidad de salto?.

En Voleibol, puede decirse que prácticamente todos los gestos requieren un alto desarrollo de la capacidad de salto (Fomin, 1979), ya sea el remate, el bloqueo o la defensa acrobática de segunda línea, cuando el balón sale fuera de los límites del campo. También hoy día, los colocadores tienden a realizar el pase en suspensión, incrementando la incertidumbre en el bloqueo contrario. Además cuando un jugador/a posee una extraordinaria capacidad de salto, puede llevar a cabo, con asombrosa facilidad, los ataques más difíciles

(Fomin, 1979).

En una palabra, la capacidad de salto puede considerarse, en el Voleibol moderno, la cualidad básica y fundamental para el juego.

## **1.2. Estudio del salto vertical y su aplicación al voleibol.**

El salto representa una cadena biocinética abierta (Zanon, 1977), que comienza en la extremidad proximal para transferir su momento hasta el segmento distal.

Mediante un análisis de las acciones realizadas durante el salto se puede obtener una clara concepción de esta capacidad, por tanto analicemos el salto.

En el salto, a golpe de vista, podemos observar dos fases, una en la que el jugador desciende su centro de gravedad, realizando una contracción excéntrica que le lleva a colocar las rodillas con una angulación muslo-pierna entre 90 y 120 grados, seguida de una fase de impulso, donde el jugador se eleva hasta despegarse del suelo.

Esta precisamente fue una de las exigencias del entrenador, *mis jugadores tienen que incrementar lo más posible su altura de salto, de manera que tengamos mayor número de opciones en los remates y en el bloqueo, al estar mayor tiempo en el aire por encima de la red, así mismo, sería interesante disminuir el tiempo de impulso de forma que estuvieran antes en el aire, pudiéndose adelantar a las acciones de los contrarios*. Por todo ello, lo primero que hicimos fue ver como se produce el salto vertical, desde el punto de vista mecánico y energético, para de esa forma, poder programar un entrenamiento eficaz:

### 1.2.1. Estudio mecánico del remate de voleibol.

Este estudio se realizó, al igual que el nuestro, dentro del concierto de colaboración

para la preparación olímpica de la Selección Española de Voleibol para Barcelona '92 por Gutiérrez, Soto y Santos (1993), con el título *Análisis biomecánico del remate de Voleibol*.

Se puede considerar como un golpeo con carrera previa, que se ejecuta con el brazo, durante la fase de vuelo.

#### 1.2.1.1. Altura del remate de voleibol.

La altura total a la que el jugador golpea el balón o Alcance, está compuesta por tres alturas parciales (siguiendo la terminología de Hill ,1992; citado por Gutiérrez et al. 1993):

(a).  $H_1$ . Que corresponde a la altura del Centro de Gravedad en el momento de perder el contacto con el suelo (figura 1.6). Esta altura representa un tanto por ciento muy elevado de la altura total; marca el final de la fase de impulsión y depende de los parámetros antropométricos y de la posición adoptada al ejecutar la impulsión.

#### INSERTAR LA FIGURA 1.6

(b).  $H_2$ . Corresponde a la altura que se eleva el centro de gravedad durante el vuelo (figura 1.6), menos la altura que tiene en el momento de perder contacto con el suelo.

Esta altura es la que en mayor medida puede ser modificada por el entrenamiento, y mecánicamente depende de la componente vertical de la velocidad, en el instante de perder contacto con el suelo ( $V_y$ ; Gutiérrez, 1988); esta depende de la cantidad de impulso (producto de la fuerza que se aplica por el tiempo que se está aplicando) de la componente vertical.

(c).  $H_3$ . Diferencia entre la altura del balón y el centro de gravedad en el momento del golpeo, que depende de los parámetros antropométricos del jugador y de la posición que

adopte en el momento del golpeo.

Analizando estas tres alturas, se puede deducir que la diferencia entre la altura alcanzada por el Centro de Gravedad durante el salto y la que tiene al final del impulso, es el componente fundamental a desarrollar mediante el entrenamiento para conseguir que el jugador remate lo más alto posible, determinando todos los factores que intervienen en su consecución.

#### 1.2.1.2. Análisis temporal del remate de voleibol.

INSERTA LA FIGURA 1.7

La altura de remate se consigue en base a una serie de acciones que lo condicionan y hacen posible su mejora, que denominamos criterios de eficacia. Para ello, el remate se divide en cinco fases secuenciales, bien diferenciadas entre sí en cuanto a objetivos y características y que no se corresponden exactamente con las tres fases enumeradas en los manuales técnicos de: Carrera, salto y golpeo, pero que son más precisas desde el punto de vista de la confección del entrenamiento. Estas fases son:

(a). Carrera previa. Esta fase finaliza con la toma de contacto del pie en el suelo antes de aplicar fuerza.

El propósito de la fase es obtener, al final de ella, una velocidad final razonable y una posición adecuada. En base a los objetivos que debemos conseguir en la fase siguiente, y en función a las teorías mecanicistas de Hochmuth (1973) o a las fisiológicas de Hill (1992), Komi (1984) y Bosco (1985), junto con la actividad refleja, podemos deducir que la carrera

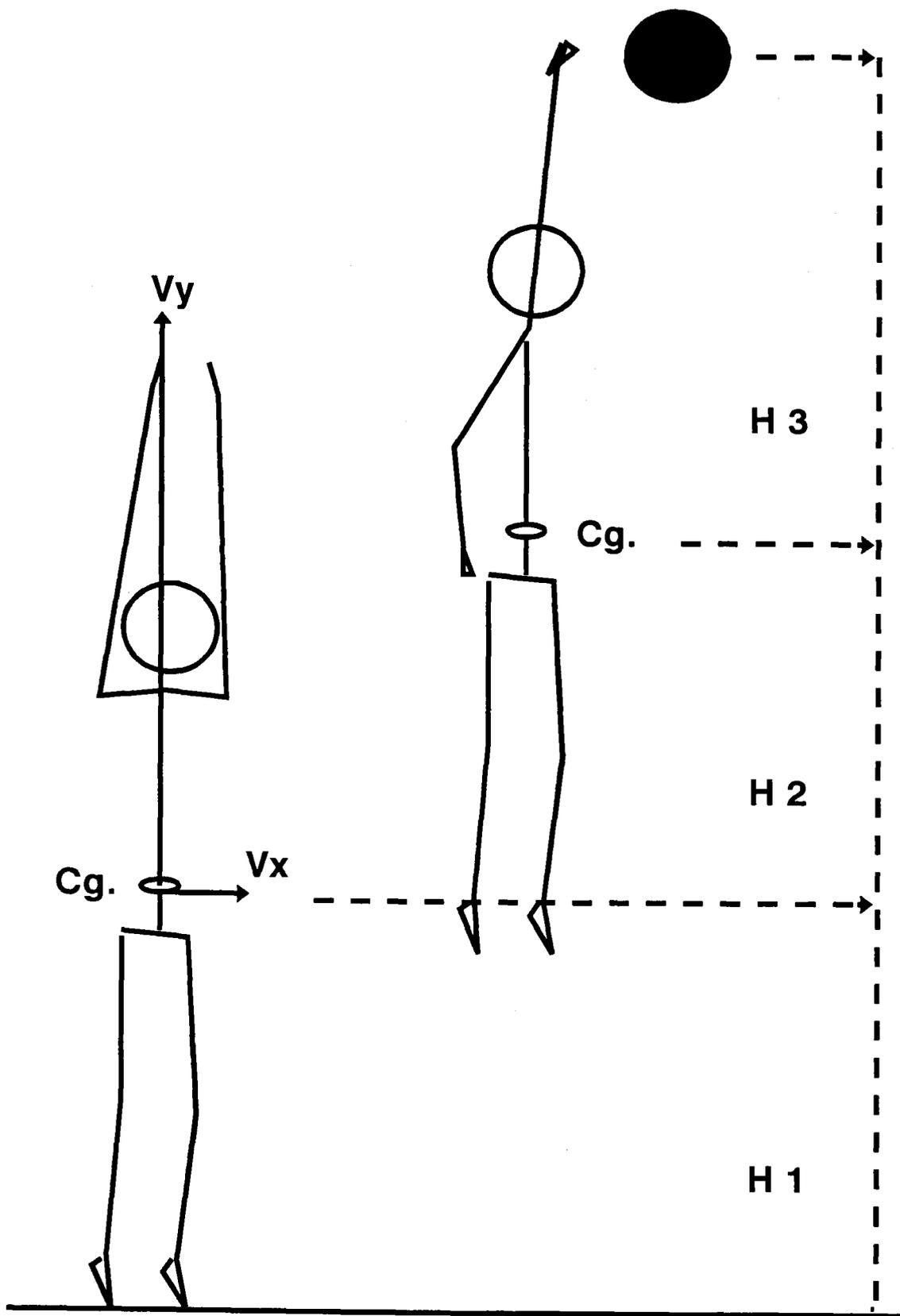


Figura 1.6: Descomposición de la altura del salto según Hill (1922).

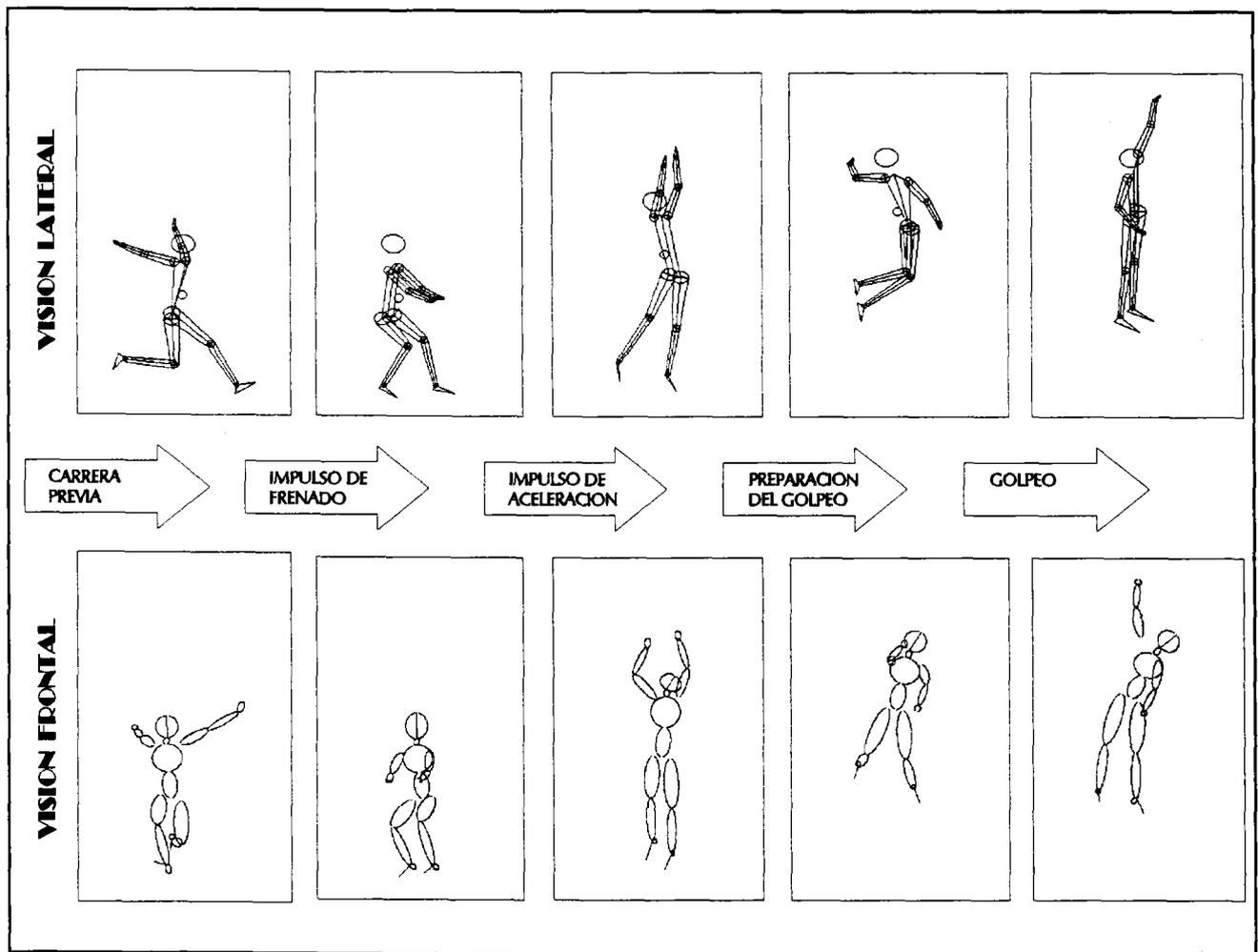


Figura 1.7: Fases del remate de voleibol. (tomado de Gutiérrez, Soto y Santos, 1993).

previa debe tener una gran velocidad de componente horizontal para crear un impulso de frenado (fase siguiente), que incremente la fuerza que los pies ejercen contra el suelo, traduciéndose, en función del beneficio que supone el ciclo estiramiento-acortamiento, en un mayor impulso neto.

(b). Impulso de frenado. Comprende desde la toma de contacto del pie con el suelo, final de la fase de carrera previa, hasta la máxima flexión de la rodilla de la pierna que primero toma contacto con el suelo. Esta flexión forma un ángulo en la articulación de la rodilla, que se conoce como ángulo de batida y que va desde 90 a 120° en jugadores de alta calificación (en el caso de la Selección entre 92 y 122°) y de 110 a 130° para los menos avanzados. Este ángulo habrá que determinar la influencia que tiene en la altura del centro de gravedad ( $H_2$ ) (Estudio 1).

El objetivo es crear la mayor  $H_2$  posible y esta viene determinada por la  $V_y$  (figura 1.6), velocidad de componente vertical. Esta componente vertical de la velocidad debe pasar de un valor inicial cercano a 0, a un valor relativamente alto, mediante la aplicación de una fuerza vertical lo mayor posible,  $F_y$ , durante el mayor tiempo posible, de forma que se cree un gran impulso neto (E-1).

E-1.

$$I = F * t$$

donde  $I$ , es el impulso neto;  $F$ , es la fuerza y  $t$ , es el tiempo de aplicación de la fuerza.

Para crear una gran  $H_2$ , en esta fase de impulso de frenado, debemos crear una

preactivación de los músculos extensores de la rodilla, con el fin de conseguir un mayor impulso neto de componente vertical. Además, esta fase sería conveniente, por este mismo motivo, que se realizara simultáneamente con las dos piernas.

Una gran velocidad horizontal, que se reduce al final del impulso de frenado se traduce en (Komi, 1973):

1º. Un incremento de la velocidad de estiramiento.

2º. Un mayor componente de fuerza vertical antes de comenzar la fase de impulso de aceleración.

3º. Una mayor participación del ciclo *estiramiento-acortamiento*.

4º. Una mayor activación refleja.

(c). Impulso de aceleración. Va desde que se consigue la máxima flexión de rodilla, hasta que se pierde el contacto con el suelo. Es la fase positiva de la batida y se conoce comúnmente como la *extensión de piernas*.

El objetivo es obtener la mayor componente vertical de velocidad al final de la impulsión de piernas, o sea, cuando se pierde el contacto con el suelo.

La unión de las dos fases anteriores, forman el ciclo estiramiento acortamiento, que se traduce en la aplicación de fuerza reactiva, como veremos posteriormente.

La unión de las tres fases descritas, condicionan la componente vertical de la velocidad de despegue, determinando la cuantía de la altura alcanzada por el centro de gravedad durante el vuelo.

(d). Preparatoria del golpeo. Comienza cuando se pierde el contacto con el suelo, hasta que se obtiene el máximo ángulo del hombro del brazo que golpea.

(e). Golpeo. Comprendida desde el máximo ángulo del hombro, hasta que la mano toma contacto con el balón.

Hay que destacar la aportación de los brazos en la altura obtenida en función de la ecuación de la fuerza,  $Fy = m * ay$  (E-2), donde  $ay$  corresponde a la sumatoria de la aceleración parcial de todos los segmentos del cuerpo (recordar que los segmentos corporales que se estudian en biomecánica son 14), de los que seis pertenecen a los brazos.

Los brazos ayudan a provocar la fuerza de reacción durante la fase de impulso de frenado (fase excéntrica) e incrementan la  $ay$  durante la fase de impulso de aceleración.

Según Desipres (1979) sin la acción de los brazos, sólo se consigue el 40 o 45% de la potencia máxima.

Por su aportación y su difícil cuantificación de forma indirecta, en los test que aplicamos a la selección, controlamos esta variable fijando estos segmentos.

En este análisis faltaría, lo que en los libros de técnica se describe con el nombre de caída y que no describimos, por su nula aportación al objeto de estudio: la altura del salto.

### 1.2.2. Estudio mecánico del salto de bloqueo.

#### INSERTAR LA FIGURA 1.8

Se diferencia del remate en que no tiene fase de carrera previa o esta es muy corta y lateral, y en las acciones de los brazos. Como lo que nos interesa para nuestro estudio es la fase  $H_2$ , detallaremos las diferencias de un salto sin carrera previa con las del salto de remate descrito en el apartado anterior.

El principio fundamental por el que un jugador puede saltar es el de acción-reacción. La principal fuerza es la de componente vertical ( $Fy$ ), en ella, siguiendo la ecuación

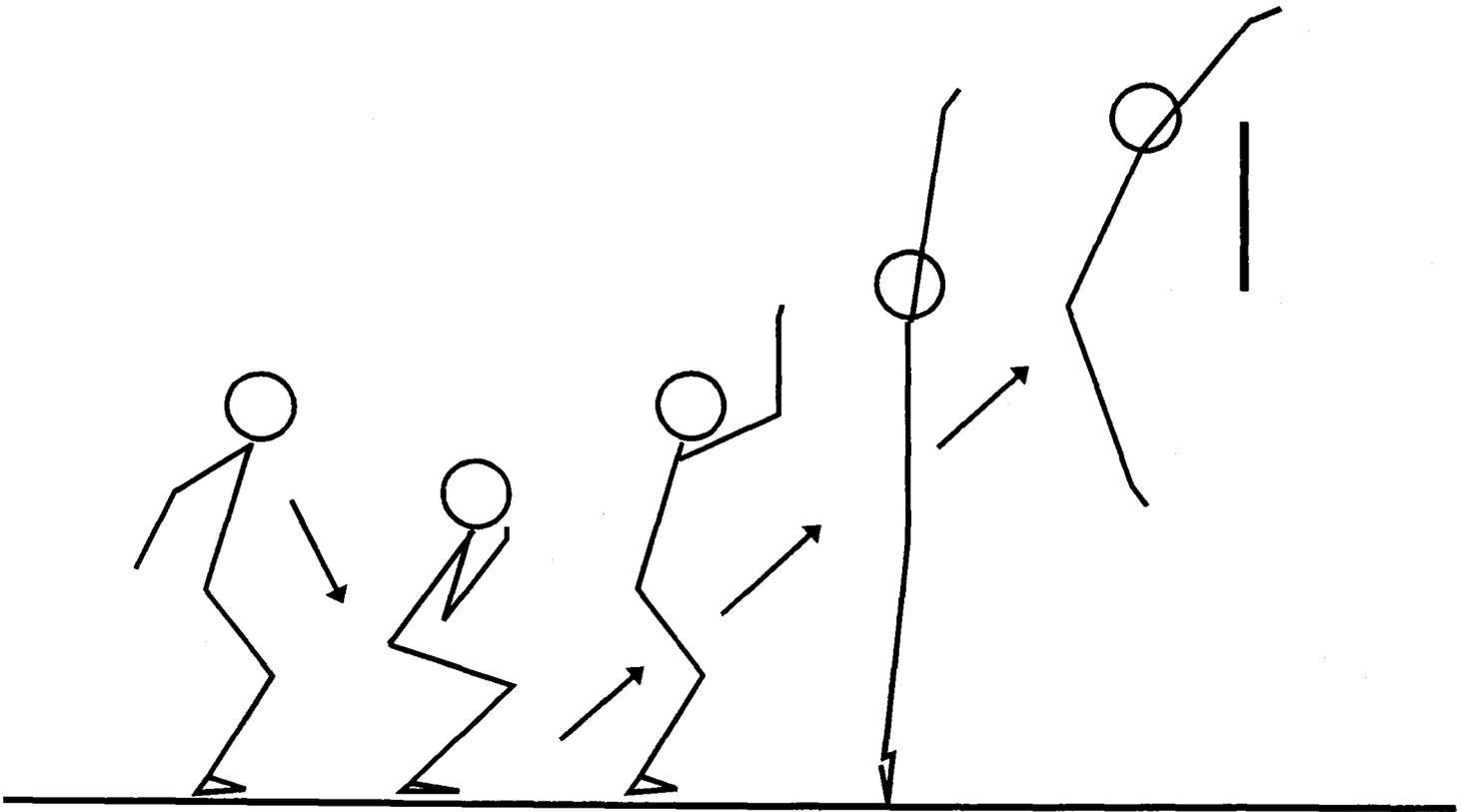


Figura 1.8: Esquema del salto de Bloqueo en Voleibol.

fundamental de la dinámica (ecuación 2) en su componente vertical, donde la aceleración es inversamente proporcional a la masa.

Dentro de la ecuación fundamental, relacionándola con la tercera ley de Newton, la fuerza de reacción vertical ( $R_y$ , ecuación 3) es igual a la fuerza de impulsión ( $F_y$ ). Además, en contra de la Fuerza de impulsión está también la fuerza normal o peso del saltador ( $W$ ), oponiéndose a que el deportista se despegue del suelo.

Para poder saltar, la  $F_y$  debe de ser superior a la  $F_n$  y sólo de esta forma podrá el jugador despegarse del suelo.

E-2

$$F = m * a$$

y su componente vertical:

$$F_y = m * a_y$$

donde  $F$  es la fuerza y  $F_y$  el componente vertical de la fuerza;  $m$  es la masa y  $a$  la aceleración;  $a_y$  la componente vertical de la aceleración.

A incrementar  $F_y$ , ayuda la contracción excéntrica, generando una fuerza previa al impulso que Hochmuth (1973) llama Principio de fuerza inicial.

Entrando en el salto de bloqueo, podemos describir cuatro fases siguiendo a Gutiérrez (1988):

(a). Fase de aceleración negativa. En esta fase se descarga el peso del cuerpo, descendiendo el centro de gravedad, creando una  $a_y$  negativa, que producirá una gran componente vertical de fuerza.

(b). Fase de aplicación de fuerza excéntrica. Desacelera el gesto llevando la velocidad hasta cero. Durante ella, el centro de gravedad consigue su posición más baja.

Al final de la fase, el cuerpo queda *quieto* y en ese momento la fuerza de reacción es mayor que el peso del cuerpo (principio de fuerza inicial).

(c). Fase de aplicación de fuerza concéntrica. La aceleración se vuelve positiva, creando en esta fase la mayor fuerza de componente vertical y como la masa del jugador es constante, conforme se incrementa la fuerza ( $F_y$ ), también se incrementa la aceleración contribuyendo a una gran velocidad. En esta fase todavía el voleibolista no se ha despegado del suelo.

(d). Fase aérea. en esta fase pierde contacto con el suelo y la altura que consigue en ella, depende completamente de la velocidad de componente vertical que tiene en el momento de perder el contacto, de ahí la importancia de generar una gran  $F_y$  en la fase anterior, que permita una gran aceleración, entre la máxima flexión de piernas y el momento del despegue, que se traduzca en una gran velocidad final. También es importante que la masa del jugador, al ser inversamente proporcional a la aceleración sea lo menor posible, siempre que se pueda aplicar la misma fuerza, concepto de fuerza relativa.

E-3

$$R_y = W + m * a_y$$

donde si:  $m = F / g$

$$R_y = W + W/g * a_y$$

$R_y$  es la fuerza de impulsión;  $W$  es el peso del jugador;  $m$  la masa;  $a$  la aceleración y  $a_y$  la componente vertical de la aceleración;  $g$  la aceleración de la gravedad y  $F$  la fuerza.

### 1.3. Participación muscular en el salto vertical.

Como se deduce de la explicación de la técnica, una parte fundamental para vencer la acción de la gravedad y poder elevarse del suelo, la tiene la acción de extensión del muslo sobre la pierna y la flexión plantar del pie, que producen la extensión de las piernas. Esta acción se realiza en las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo y es generada por los músculos siguientes:

#### EXTENSIÓN DEL MUSLO

1. Glúteo Mayor
2. Piramidal
3. Semimembranoso

4. Semitendinoso
5. Bíceps Femoral (porción larga)
6. Aductor Mayor
7. Cuadrado Crural.

#### EXTENSIÓN DE LA PIERNA

1. Cuadricéps: Recto Anterior
  - Vasto Interno
  - Vasto Externo
  - Crural
  - Tendón Rotuliano

#### FLEXIÓN PLANTAR DEL PIE

1. Tibial Posterior
2. Flexor Largo de los Dedos
3. Flexor Largo del Dedo Gordo
4. Gemelos
5. Plantar Delgado
6. Peroneo Lateral
7. Peroneo Lateral Corto.

Y con el siguiente orden de intervención en función de la actividad muscular según Zanon (1977):

Los primeros grupos musculares que se involucran en el movimiento son el Gastrocnemio y el Sóleo, junto con los otros que producen la flexión plantar del pie. Cuando comienza la fase de impulso de frenado, ambos quedan estirados, al tiempo que tratan de

fijarse. Esta acción no es suficiente para frenar el cuerpo, reduciéndose las angulaciones en el tobillo y en la rodilla.

Cuando la angulación de la rodilla alcanza valores del orden de 160 grados aproximadamente, toda la carga será soportada por el Sóleo, ya que el Gastrocnemio no puede desplegar su acción. Pero en los 160- 150°, entra en acción el Cuadricéps, que ayuda en el movimiento de frenado de la flexión. Cuando el ángulo alcanza valores, alrededor de 120°, entra en funcionamiento el Glúteo. Con estas aportaciones y debido al estiramiento de todos estos grupos musculares de forma secuencial, se logra frenar el movimiento excéntrico.

Como vemos, los sucesivos grupos musculares por orden de intervención, son siempre mayores y más fuertes que los anteriores, mientras que la energía que ha de absorberse es cada vez menor. Una vez que conseguimos que la velocidad sea 0, entonces comienza un movimiento positivo partiendo de los Glúteos, pasando por Cuadricéps, para acabar el impulso del movimiento siendo efectuado por el Sóleo y el Gastrocnemio.

A partir de esta acción desplegada por los glúteos, que producen una gran fuerza, pero de forma poco explosiva, se abre el ángulo entre tronco y muslos, lo que contribuye a comenzar a extender las rodillas, porque el cuádriceps, que permanecía estirado en contracción, vence la resistencia por medio de una contracción concéntrica, creando trabajo positivo y ampliando cada vez más el ángulo de la rodilla. En la parte distal de la extremidad inferior, el Sóleo está esperando, estirado, a que la resistencia externa se reduzca a los valores en los que él puede actuar. Esto ocurre aproximadamente cuando la rodilla alcanza valores cercanos a 160 grados.

Esta fuerza positiva del Sóleo actuará sobre una inercia muy reducida de los segmentos superiores (tronco-muslos), ya en movimiento, para los impulsos antes recibidos, y aumentará posteriormente la velocidad del movimiento hacia arriba. En esta angulación

participará también el Gastrocnemio, que entrará en acción sobre un sistema en veloz movimiento, para conferirle el rápido impulso final, con su explosiva acción contráctil.

Toda esta acción que hemos descrito se produce en un corto espacio de tiempo, que se mide en milisegundos. Pero además de los músculos descritos, hemos de saber que otros músculos, también intervienen en la acción como antagonistas o fijadores del movimiento y, que utilizando las sensaciones propioceptivas, controlan el gesto.

La parte fundamental de la impulsión de piernas se produce gracias a la aplicación de fuerza, que como comprobamos anteriormente, se aplica por la activación que produce el Sistema Nervioso sobre el Aparato Locomotor Activo (músculo) que a su vez produce el movimiento del Aparato Locomotor Pasivo (huesos), por eso, *el movimiento, si bien depende de la actividad neuromuscular es, en última instancia, esquelético* (Cooper y Glassow, 1973).

A la capacidad física, que al contraerse los músculos, produce la movilización de las palancas óseas, la hemos denominado fuerza. La Fuerza es un concepto Físico (mecánico), que designa toda acción de un cuerpo material sobre otro, como resultado de lo cual, ocurre un cambio en el estado de reposo o movimiento de ese cuerpo.

#### **1.4. Factores que determinan la activación muscular.**

Como sabemos el Sistema Nervioso Central es el que determina la salida de fuerza en un momento dado, y por ello tenemos que suponer siempre, que la activación neuronal del voleibolista, para aplicar la máxima fuerza, debe ser grande. Pero incluso cuando esta activación es máxima, tenemos tres factores que determinan la activación muscular y por tanto, cuanta fuerza pueden producir los músculos en cuestión al realizar la técnica.

#### 1.4.1. Tipo de contracción a realizar en el salto vertical.

El primer factor es que la fuerza de los músculos depende del tipo de contracción que realicen:

INSERTAR LA FIGURA 1.9

Llamaremos contracción muscular al estado del músculo cuando se genera tensión a través de un número de filamentos de actina y miosina.

Los músculos pueden realizar básicamente dos tipos de contracciones, las isométricas y las anisométricas.

1.4.1.1. Isométrica (IC). Se relaciona con la manifestación estática y puede ser activa y pasiva. Durante este tipo de trabajo los sarcómeros se acortan a causa del estiramiento de los elementos elásticos seriados (ver figura 1.11). Este tipo de contracción es voluntaria.

(a). Se denomina Isométrica Activa cuando la tensión trata de vencer una resistencia insalvable, por lo que la demanda de trabajo al músculo trata de ser concéntrica (CC). Este tipo es el que mayores tensiones estáticas produce y se corresponde con la máxima contracción voluntaria o MVC.

(b). Se conoce como Isométrica Pasiva cuando la tensión trata de que los músculos no se distiendan, como consecuencia de la tensión que la resistencia ejerce sobre él. Trata de evitar una contracción excéntrica (EC).

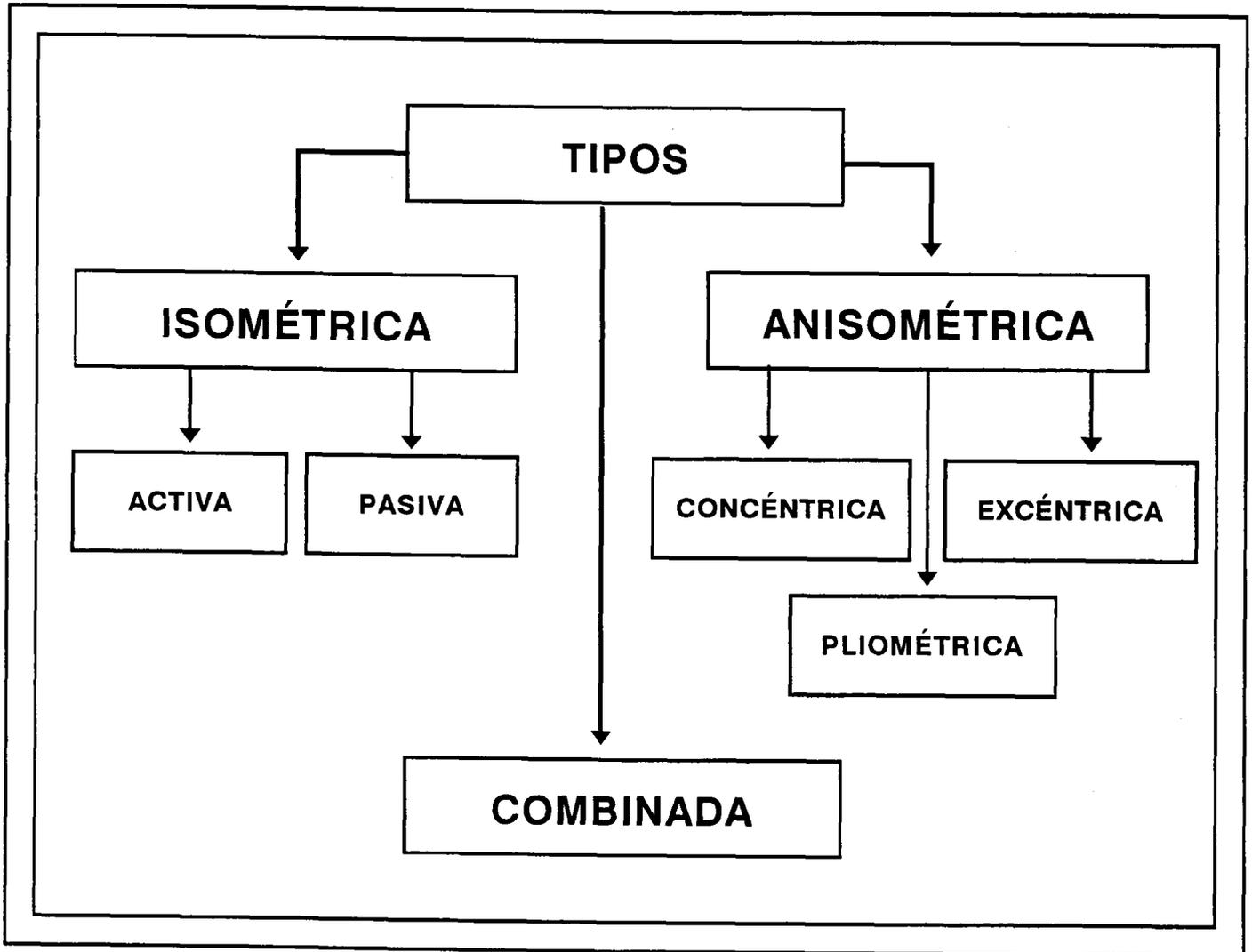
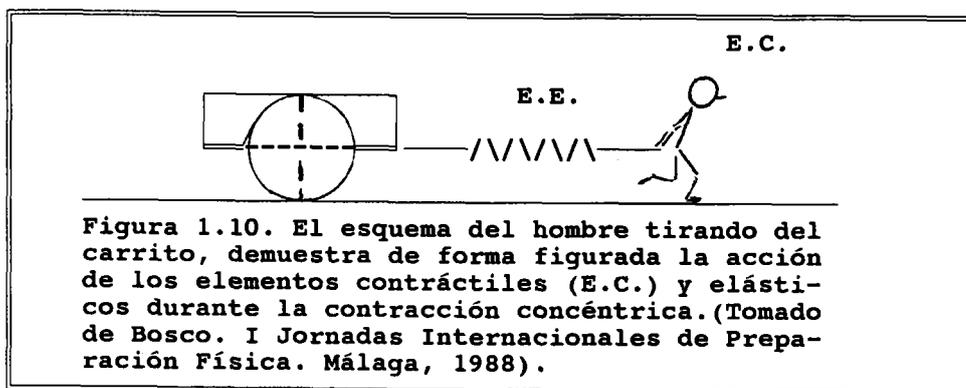


Figura 1.9: Esquema de los tipos de contracciones.

1.4.1.2. Anisométrica (AC). Se relaciona con la manifestación dinámica y puede ser concéntrica (CC) y excéntrica (EC).

1.4.1.2.1. Concéntrica se denomina así, cuando el trabajo lo producen los músculos agonistas al contraerse. En ella, el momento de fuerza es mayor que el de la resistencia a vencer. Si la resistencia externa fuese cero, se daría la máxima velocidad, pero el segmento a mover siempre supone una sobrecarga. Cuando queremos mover un segmento, lo primero que hay que hacer es vencer esa resistencia y mientras se hace, el régimen es isométrico. A este trabajo isométrico inicial se le denomina preactivación y sirve para tensar los elementos elásticos del músculo y de esta forma ejercer tensión (figura 1.10). Después de ella viene la CC propiamente dicha.



La preactivación puede realizarse en dos condiciones diferentes:

(a) Cuando el músculo está en reposo. La tensión creciente hace que los elementos elásticos se estiren y cuando se supera la resistencia externa de la carga, el músculo comienza a contraerse.

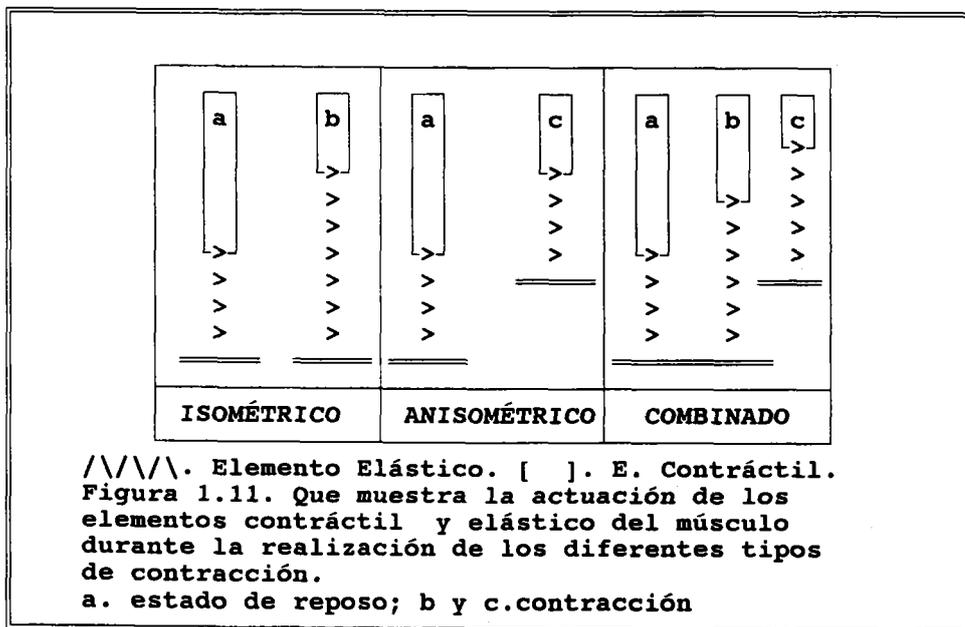
(b) Cuando desarrollamos una contracción isométrica (IC) igual a la fuerza externa, con ello estiramos los elementos elásticos, pero no se produce movimiento. Cuando queremos producirlo con un pequeño incremento de la activación se produce el acortamiento. Por investigaciones realizadas por Tihanyi (1989) se conoce que con una tensión del 30 al 40% de la contracción isométrica máxima, se consigue una contracción concéntrica posterior (CC) del 60-70% a máxima velocidad.

1.4.1.2.2. Excéntrica. Este tipo de contracción es inducida por que durante ella, el movimiento no lo produce el músculo, sino la resistencia externa. Los músculos agonistas reciben la orden de realizar una contracción concéntrica, pero la resistencia externa supera la tensión que crean y los vence. La misión de los músculos agonistas, es la de impedir la aceleración del movimiento. Durante ella se produce la rigidez muscular o fuerza generada por los elementos elásticos, que al ser estirados, producen un incremento de la tensión de forma exponencial, lo que hace que para seguir estirándolos, se requiera una mayor fuerza externa.

El momento de fuerza es menor que el de resistencia.

1.4.1.2.3. Combinada. Se conoce como contracción combinada, la que representa la combinación de las solicitaciones isométrica y anisométrica. Es la forma más común de contracción en el ámbito deportivo. En ella, el sistema neuromuscular se adapta a cargas diversas y a modificaciones de velocidad en la ejecución de los movimientos específicos. A este tipo de trabajo, en algunas escuelas se le denomina auxotónico, termino acuñado por Wieneck (1988).

1.4.1.2.4. Pliométrica. Esta terminología es variable. Para nosotros se trata de un movimiento en el que el músculo primero tiene una fase excéntrica, seguida de una fase concéntrica en el menor intervalo de tiempo. A este ciclo se le llama *ciclo estiramiento-acortamiento* (Komi, 1984) y es la base de la contracción pliométrica (PC). El fin de estas contracciones es potenciar el rendimiento muscular y la fuerza final del movimiento, este incremento se produce debido al comportamiento de la manifestación del régimen del trabajo muscular. En el régimen dinámico, la fuerza de los músculos puede manifestarse durante la reducción de su longitud (carácter motor del trabajo) o durante su aumento (carácter resistente).



1.4.2.1. Fuerza dinámica.

La manifestación dinámica de la fuerza se produce cuando el grupo muscular desarrolla su tensión para tratar de vencer una resistencia externa variando su longitud inicial.

Dentro de la manifestación dinámica definimos, siguiendo a Vittori (1990), dos grupos distintos de manifestaciones de la fuerza en función del ciclo de contracción que realicen, si realizan un ciclo simple de trabajo muscular, el de acortamiento de la parte contráctil (figura 1.11), a esta manifestación se le denomina expresión de fuerza activa. Esta manifestación se produce cuando realizamos una extensión de las extremidades inferiores, colocadas en una posición inmóvil de semiflexión, a cargo de los músculos extensores, el único movimiento que se observa es la extensión de las extremidades inferiores.

La segunda denominada expresión de la fuerza reactiva, es el efecto de la fuerza por un doble ciclo de trabajo muscular, el de *estiramiento-acortamiento*. Esta manifestación es la consecuencia de la realización de un salto hacia arriba, partiendo de la posición de pie. Se produce una rápida semiflexión de las extremidades inferiores (acción de bajada), al cual le sigue una inversión del sentido, igualmente rápida, a consecuencia de la extensión de las piernas.

Es en la fase final de la semiflexión, cuando se producen las tensiones musculares aptas para crear las fuerzas de resistencia, que se oponen a la acción de flexión completa de las piernas, causada por la energía cinética desarrollada en el rápido descenso (primer ciclo de trabajo muscular). La inversión del movimiento y, por consiguiente, el acortamiento (segundo ciclo del trabajo muscular) del músculo es consecuencia de las tensiones establecidas en la fase precedente de estiramiento. Dentro de cada manifestación encuadramos, así mismo, diferentes expresiones de cada una, que exponemos en el cuadro siguiente (figuras 1.12 y 1.14):

<b>FUERZA ACTIVA</b>	<b>FUERZA MÁXIMA DINÁMICA</b>
	<b>FUERZA EXPLOSIVA</b>
<b>FUERZA REACTIVA</b>	<b>FUERZA EXPLOSIVO ELÁSTICA</b>
	<b>FUERZA EXPLOSIVO ELÁSTICO REFLEJA</b>

Figura 1.12: Expresiones de la Fuerza según Vittori (1990).

El carácter de estos esfuerzos depende de la aceleración y velocidad con que se produzcan y de la magnitud de la carga que tengan que superar.

(a) Por fuerza máxima dinámica entendemos, aquella fuerza que se expresa para desplazar, sin limitación de tiempo, una carga lo más elevada posible mediante un sólo un ciclo (Vittori, 1990), en otras terminologías se le conoce como Fuerza lenta.

(b) La fuerza explosiva se revela cuando se vence una resistencia que no alcanza magnitudes límites con aceleración máxima, partiendo de una posición de inmovilidad de los segmentos propulsivos.

(c) Por fuerza explosivo elástica entendemos, aquella fuerza de tipo reactivo que se almacena cada vez que la musculatura experimenta, antes de acortarse, un estiramiento. Como consecuencia de la flexión, los elementos elásticos en serie del músculo, bajo la acción de la energía cinética y de la fuerza de tracción que desarrollan al mismo tiempo los elementos contráctiles, acumulan una determinada cantidad de energía, que restituyen inmediatamente en la contracción siguiente, agrandando los efectos. Este tipo de manifestación la producen los jugadores de voleibol al realizar un bloqueo sin desplazamiento.

(d) La manifestación explosivo elástica refleja se revela, al igual que la explosivo elástica,

como consecuencia de una flexión de la extremidad propulsiva, pero en este caso, lo más rápidamente posible y con una amplitud bastante limitada (Vittori, 1990).

La rapidez y limitación de la flexión de la extremidad propulsiva son dos de los requisitos para que se produzca la vía refleja, lo que añade la excitación de un número suplementario de unidades motrices en la fase posterior, que trae como consecuencia un *surplus* de fuerza. Este tipo de manifestación sólo aparece en aquellos remates, frecuentes hoy en día, que se realizan con una o dos piernas de impulso pero, con poca flexión, para que el tiempo de impulsión sea mínimo, ya que el tiempo que tenemos para explotarla es muy corto, en torno a las diez centésimas, por lo que el tiempo de impulso será una variable determinante si queremos añadir esta cantidad de fuerza suplementaria.

#### 1.4.2.2. Fuerza estática.

La manifestación del trabajo muscular es estática, cuando un grupo muscular trata de vencer o aguantar una resistencia insalvable. Se caracteriza por la ausencia de movimiento externo del músculo.

Cuando utilizamos la manifestación estática en vez del factor velocidad tenemos que tener en cuenta el tiempo de la contracción.

Aquí tenemos uno de los principios clásicos del mecanismo muscular, la relación entre la velocidad con que se aplica la fuerza y el tipo de contracción. Cuando incrementamos la velocidad de una contracción concéntrica la fuerza producida por el músculo va disminuyendo de forma hiperbólica (figura 1.13). Pero durante las contracciones excéntricas cuando la velocidad se incrementa la fuerza también se incrementa hasta un cierto límite y como podemos ver, hay una enorme diferencia entre estos niveles de EC, en comparación con los niveles de CC para la misma velocidad.

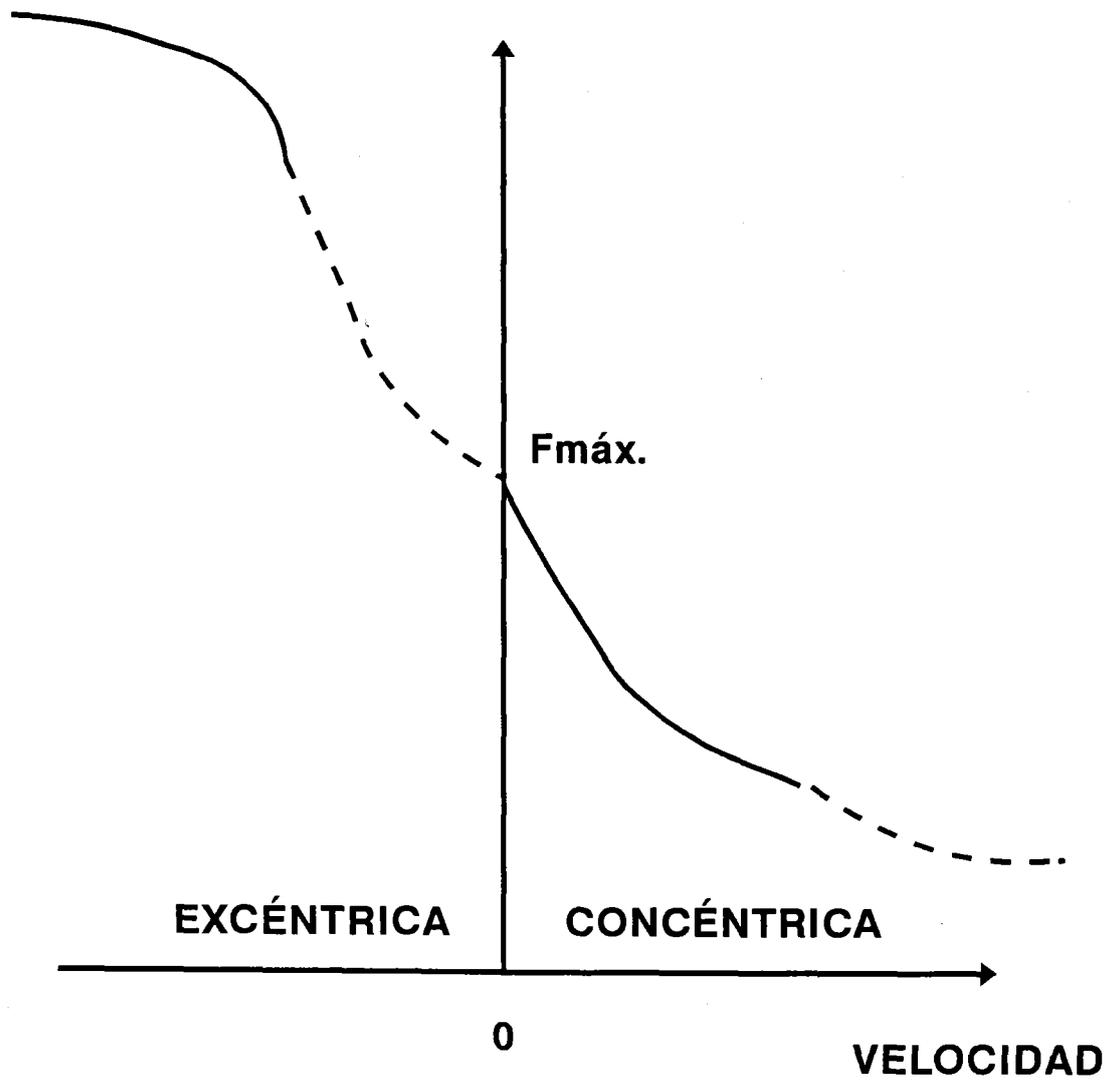
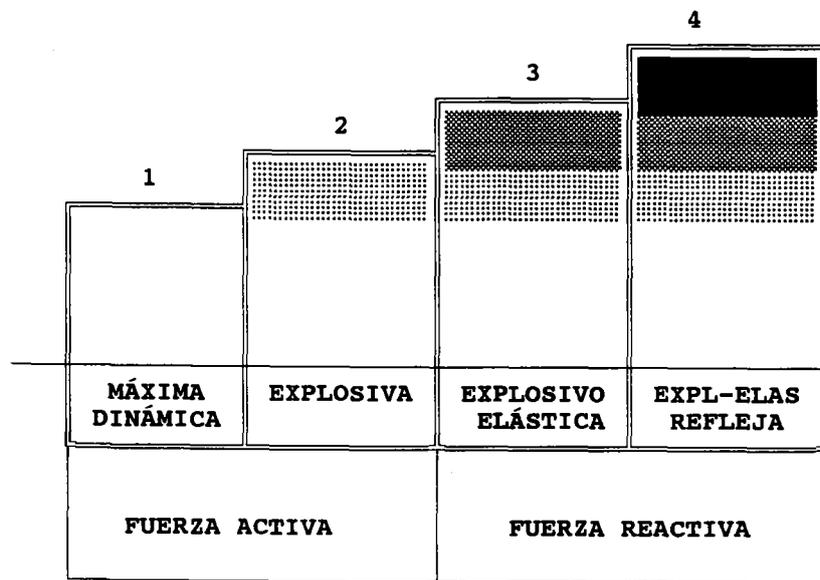


Figura 1.13: Relación fuerza velocidad en dos tipos de contracción.(Bosco 1986)



- 1. CAPACIDAD CONTRÁCTIL
- ▤ 2. CAPACIDAD DE SINCRONIZACIÓN Y DE RECLUTAMIENTO INSTANTÁNEO
- ▥ 3. CAPACIDAD ELÁSTICA
- 4. CAPACIDAD REFLEJA.

Figura 1.14: Representación de los diferentes tipos de fuerza dinámica según Vittori( 1990).

### 1.4.3. El carácter de la contracción.

También interviene en esta relación el carácter de la contracción, que nos indica la velocidad, aceleración o duración con la que se aplica la fuerza.

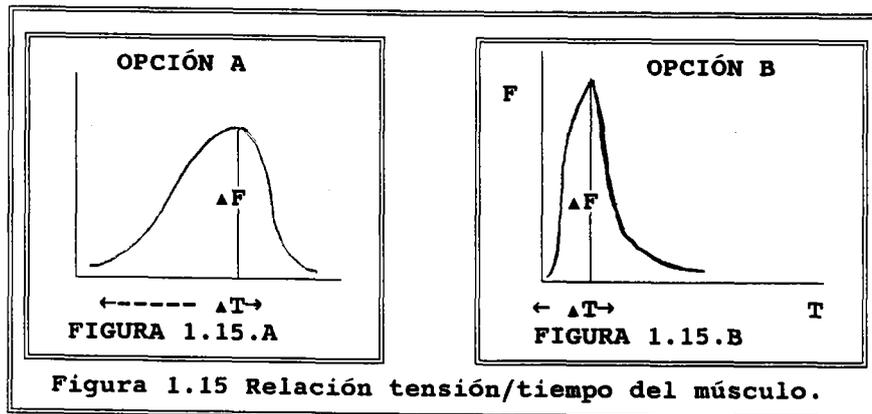
El carácter tónico tiene lugar cuando la musculatura se contrae con una tensión fuerte y relativamente prolongada. Se asocia con el tipo de contracción isométrica. En ella no se tiene en cuenta la velocidad, por lo que también se asocia con el carácter lento. Un ejemplo de ello son los agarres (Kumikata) en Judo o un *Cristo* en Gimnasia Artística Deportiva.

En el carácter fásico hay una alternancia entre la tensión y la relajación, por lo que se dan diferentes magnitudes de fuerza. Se asocia con la resistencia de fuerza. Un ejemplo sería la fuerza aplicada en Ciclismo, Natación, Remo o Canotaje.

Se produce una fásico-tónica cuando el gesto a realizar necesita la tensión fásica y la tónica, o lo que es lo mismo, ejercer fuerza máxima muchas veces o ejercicios de fuerza isométrica con relajaciones intermedias como ocurre en el deporte del Judo.

Cuando hay que vencer una resistencia de forma veloz, alcanzando el máximo de sollicitación, se dice que se está aplicando el carácter explosivo-tónico, donde se da una aplicación de fuerza cercana al máximo y en poco tiempo.

Se denomina explosivo-balística cuando el esfuerzo requiere un empleo de fuerza máxima en un corto espacio de tiempo, pero contra una resistencia externa pequeña. Un ejemplo sería el golpeo del remate de Voleibol



Y por último, se designa como explosivo-reactivo-balístico cuando se aplican juntas la fuerza reactiva y la fuerza explosiva contra una resistencia externa pequeña.

En la acción del remate o el bloqueo realizamos una contracción de carácter *Explosivo-Reactivo-Balística* (figura 1.15.B), que es la que más fuerza puede generar y por tanto, la que debemos de tratar de producir, a diferencia de las acciones en las que hay que vencer una gran resistencia externa, opción A (figura 1.15).

#### 1.4.4. Longitud inicial y ángulo de la articulación.

El perfil del ciclo básico del mecanismo muscular se basa en la longitud con que se inicie y realice la contracción, y el ángulo de la articulación en la que se realice, estos dos factores se convierten en el tercer principio básico. La fuerza producida en cada una de las longitudes del músculo se determina en función al desplazamiento y la formación de los puentes de los filamentos de miosina y actina en cada uno de los sarcómeros, y como los

músculos están unidos a los huesos, estos dos factores van unidos y determinan, sobre todo, el nivel inicial de fuerza que se aplica.

En el cuerpo humano, la fuerza, el ángulo de fuerza y sus relaciones son específicas para cada uno de los grupos musculares y sus correspondientes angulaciones. En el caso que nos ocupa, podemos observar que conforme extendemos la rodilla, en la fase en la que el sujeto se levanta desde cuclillas, la fuerza generada va incrementando de forma lineal conforme se va incrementando el ángulo de la rodilla.

Así para la rodilla, parece generalizada la idea de que 90 grados constituye la angulación más adecuada (Komi, 1984; Bosco, 1985 & Hakkinen, 1990) aunque otro autor, Ivoilov (1986), defiende que el ángulo de flexión de las piernas, a nivel de las rodillas, debe estar entre 130 y 150 grados. Una flexión acentuada de las piernas contribuye a aumentar el tiempo de aceleración del centro de gravedad del cuerpo, pero puede disminuir la potencia del salto ya que hay que tener en cuenta, que cuando las angulaciones de cadera, rodilla y tobillo se reducen demasiado, logrando ángulos muy pequeños, los ejes de giro se desvían de la línea de gravedad de la masa corporal, por lo que los músculos deben de sobreponerse a los momentos máximos de la fuerza de la gravedad (Hochmuth, 1973), por tanto, una flexión de las piernas menor, a nivel de las rodillas, puede resultar más beneficiosa para la aplicación de fuerza. Esta aplicación depende de la fuerza relativa máxima del deportista según Ivoilov (1986).

## 1.5. FACTORES DETERMINANTES DE LA MANIFESTACION DE FUERZA

INSERTAR LA FIGURA 1.16

### 1.5.1. Factores morfológicos.

Dentro de la morfología, el músculo como factor sobre el que podemos influir para mejorar sus prestaciones de fuerza, principalmente tratamos de modificar su sección transversal, o sea su crecimiento, e influir sobre su estructura.

#### 1.5.1.1. Sección transversal del músculo.

En igualdad de las demás condiciones, la fuerza es proporcional al corte transversal del músculo, principio de Weber (Vorobiev, 1974). A mayor sección transversal, mayor fuerza puede desarrollar el músculo, por la posibilidad que tiene de crear más Puentes Cruzados. Las investigaciones de Popova (1951, citado por Kuznetsov, 1984) evidenciaron que la fuerza muscular aumenta paralelamente al crecimiento de la masa muscular. El mecanismo por el que se produce este aumento en la sección se denomina hipertrofia y es la principal adaptación muscular. Como sabemos desde Weber (1846, citado por Alvarez, 1985), la fuerza de un músculo es proporcional a su diámetro fisiológico, siendo éste a su vez proporcional al número de emparejamientos dentro de las miofibrillas.

Los medios activos para aumentar la Hipertrofia se basan en el Principio de Supercompensación propuesto por Jakolev (1977, citado por Grosser et al., 1988). En él se dice que el trabajo debe agotar completamente las reservas energéticas del músculo para que se produzca, como reacción, un fenómeno de reposición del stock de reservas energéticas

superior al nivel inicial.

Este método fue descrito por Zatziorski (1974) con la siguiente metodología

- Carga: Debe efectuar diez repeticiones con un peso que pueda levantar diez veces;
- Series: Debe efectuar diez series de diez repeticiones con la carga descrita anteriormente;
- Pausa: Debe alternar un tiempo de recuperación corto entre las series (aproximadamente de tres minutos).

En la Hipertrofia tienen lugar una serie de cambios que explican el aumento del volumen muscular:

- (a). Los filamentos de las proteínas aumentan de tamaño, sobre todo los de Miosina.
- (b). Aumenta el número de miofibrillas (Sarcómeros).

Aunque se sabe que existe la hipertrofia muscular causada por el entrenamiento de fuerza, no queda claro cómo ocurre este proceso. Una de las teorías más aceptadas, la teoría hipertrófica de Mauro (1979, citado por Schmidtbleicher, 1988), nos dice, que, el fenómeno de la hipertrofia tiene lugar porque células satélites localizadas en la fibra muscular son incitadas a dividirse, probablemente mediante un estímulo de tensión. Dichas células satélites construyen nuevos tubos musculares paralelos a las fibras musculares que ya existen, y con los que se funden a continuación (figura 1.17).

INSERTAR LA FIGURA 1.17

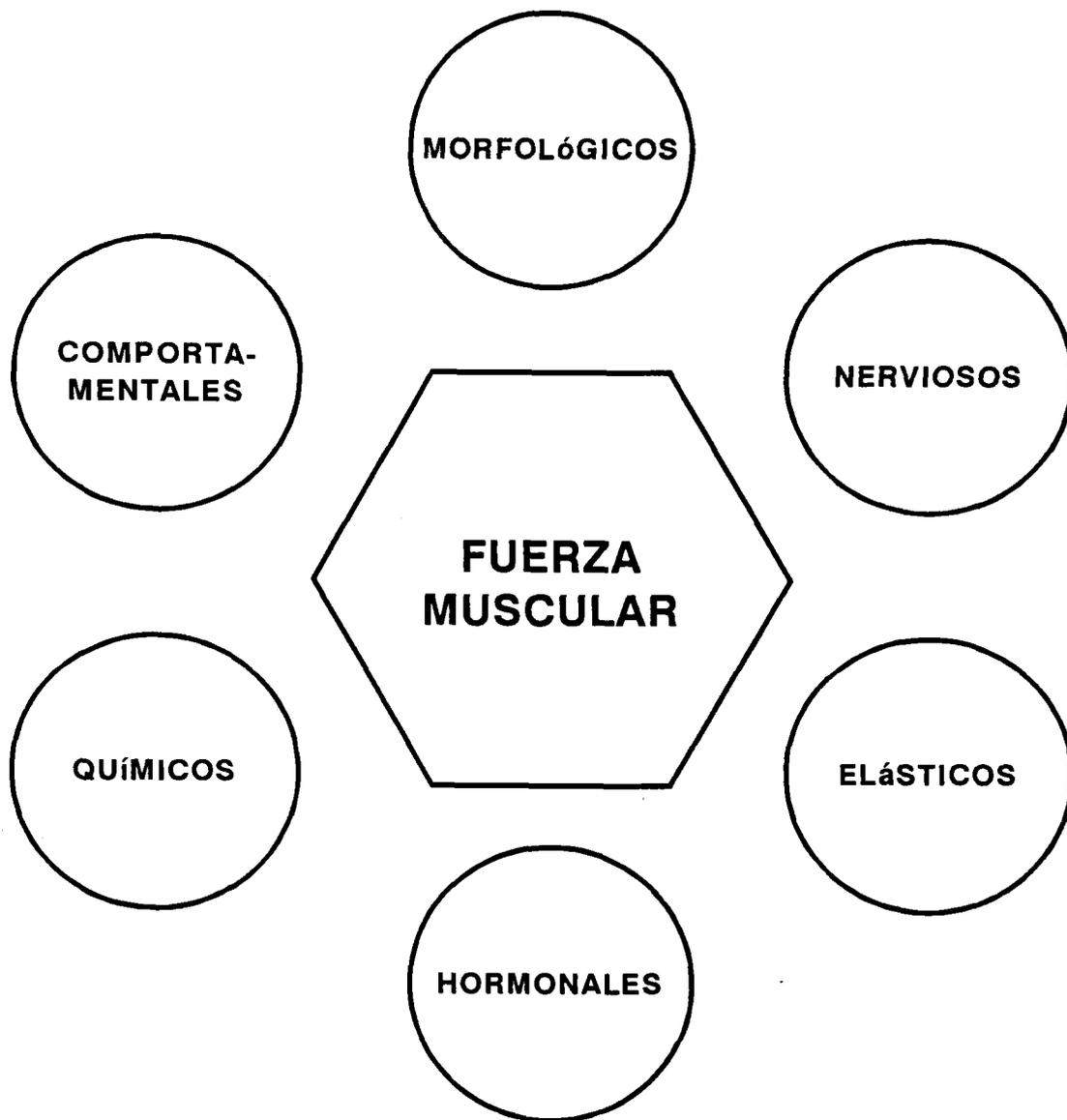


Figura 1.16: Factores que inciden en el desarrollo de la Fuerza.

UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL  
SUD  
MONTAGNA  
1979

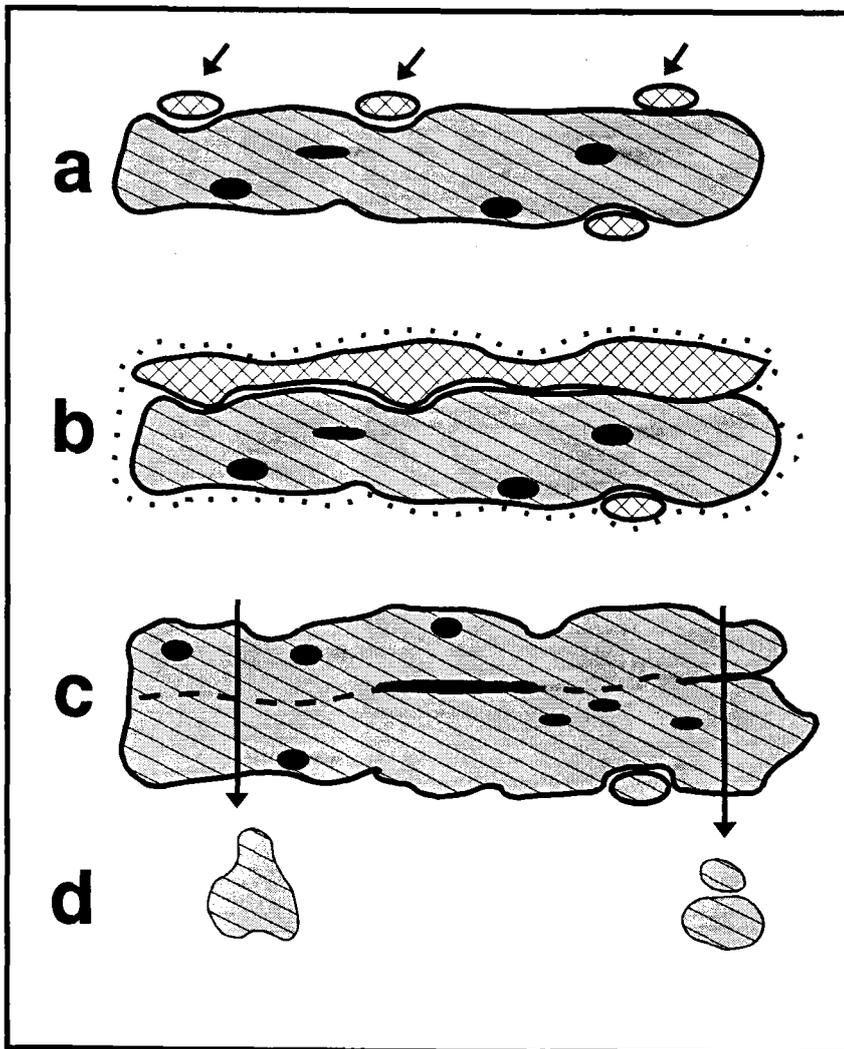


Figura 1.17: Teoría hipertrófica de Mauro (1979).

Algunos científicos creen incluso, que los tubos musculares nuevos con el tiempo se pueden convertir en una nueva fibra. Esto ocurre probablemente cuando una hipertrofia posterior de una fibra muscular, que ya se ha hecho más densa, provoca que se inicien problemas de suministro sanguíneo. En este caso estaríamos hablando de una auténtica proliferación de fibras musculares, lo que se ha venido a llamar hiperplasia. No obstante, se albergan bastantes dudas sobre si la Hiperplasia puede ocurrir en un músculo totalmente maduro (Ontell, 1979; Bischof, 1979; Wolf, 1981, citados por Schmidtbleicher, 1988). Se supone que los microtraumas que sufren las fibras musculares son los estímulos que ponen en marcha la división de las células satélites.

Fox (1984), basándose en Edgerton (1970), señala que el incremento del diámetro de las fibras existentes, responsables del tamaño de los músculos estriados, se debe a un mayor número de miofibrillas por fibra, una mayor cantidad total de proteínas y una hipertrofia de los tejidos conectivos, tendinosos y ligamentos, así como a un incremento del número de fibras originado por una partición longitudinal.

Diferentes investigadores, entre los que destacan Fik (1910), Ralston (1949), Ikai y Fukenaga (1979. Citados por Tihanyi, 1988) comprobaron que existían distintos registros de fuerza por área de sección cruzada del músculo, descubrimiento que hizo encauzar las investigaciones por este camino, llegándose a las siguientes conclusiones:

- (a). Un músculo entrenado tiene más fuerza por unidad de área que otro no entrenado, y esto es debido, sobre todo, a la mejora de los factores nerviosos.
- (b). El tipo de fibra muscular tiene gran incidencia en la fuerza que puede generar un músculo por unidad de área.
- (c). Maugham y col. (1983, citado por Tihanyi, 1988), utilizando tomografías radiográficas axiales computarizadas encontraron una correlación positiva significativa entre, el área de

sección cruzada de los músculos extensores de la rodilla y la fuerza máxima isométrica voluntaria (MVC). Por lo tanto, aunque la noción de fuerza constante por unidad de área de sección cruzada es en su fundamento acertada, pueden existir circunstancias específicas en las que se altera dicha relación (Komi, 1984)).

#### 1.5.1.2. Estructura del músculo.

##### 1.5.1.2.1. Tipología de las fibras musculares.

Las fibras musculares que son capaces de generar más tensión son las fibras de contracción rápida (CR), y dentro de ellas CR<sub>B</sub> (rápidas por excelencia, Cometti, 1988).

INSERTAR LA FIGURA 1.18

Relacionando dichos supuestos con el problema del desarrollo de la fuerza que nos hemos planteado, la pregunta esencial es,

- ¿ Podemos aumentar el % de fibras CR de los músculos de un atleta con respecto a los otros tipos de fibras?.

La estructura y las posibilidades funcionales de las fibras musculares están condicionadas por las particularidades de su inervación, que determina si una fibra tendrá las propiedades de contracción lenta o de contracción rápida, según señala Prins, I. (1979) y Buller y col. (1960, citados por Schmidtbleicher, 1988). Buller y col. (1960, citado por Schmidtbleicher, 1988) realizaron el siguiente experimento para demostrarlo. Cortaron los nervios de un músculo que era principalmente lento y de otro que era principalmente rápido, y a continuación cosieron los extremos de manera cruzada. Al músculo lento le inervaban ahora las motoneuronas más grandes, con frecuencias más altas, mientras que el músculo

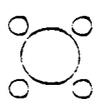
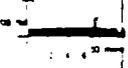
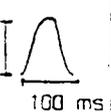
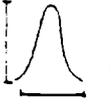
fibras	caracterist. general	metabolismo	sacudida muscular	vasculariz.	fatigabili.	sustratos	
						glucid.	lipid.
I	lentas	aeróbico	tensión 2g  200 ms			...	...
II A	rápidas	aeróbico anaeróbico	20g  100 ms			...	..
II B	rápidas	anaeróbico	50g  100 ms			....	-

Figura 1.18: Tabla de características de las fibras musculares

rápido lo activaban las motoneuronas más pequeñas con índices más bajos de disparo. Dos meses más tarde, ambos tipos de músculo habían cambiado por completo. La interpretación no era difícil: El tipo de inervación, o mejor dicho, el índice de disparo o frecuencia de la misma, es el factor principal para la modificación de un tipo de fibra muscular.

En las prácticas fisiológicas de laboratorio es posible la transformación en el sentido arriba indicado. Sin embargo, un cambio completo de fibras musculares del tipo lento al rápido no funciona en un entrenamiento normal; para ello sería necesario activar un músculo al máximo y con frecuencia, durante muchas horas y día tras día. En la realidad, un atleta trabaja sólo durante dos o tres horas al día en un entrenamiento de fuerza y de ellas únicamente durante algunos minutos se está trabajando con un estímulo de alta intensidad. Por contra, durante el resto del día las frecuencias de inervación son principalmente tónicas o lentas, y así ocurre durante horas.



I <<<- -> IIa <<<- -> IIb

Figura 1.19: Sentido y posibilidad del cambio de fibras musculares con el entrenamiento de fuerza.

Pero si como dicen los especialistas, Komi, Viitasolo, Harvu, Thorstenson, Sjodin y Karlsson (1977, citados por Bosco, 1985), el porcentaje de los distintos tipos de fibras está determinado genéticamente, será de gran importancia, cuando se hable de las propiedades de la fuerza muscular en conexión con las características de las fibras musculares, no sólo

tener en cuenta este porcentaje entre las fibras rápidas y lentas, sino también el porcentaje de área de sección transversal de unas y otras.

Tihanyi (1988), basándose en los estudios de inervación cruzada de Buller y Eccles (1960, citados por Tihanyi, 1988) confirmó que aunque no podemos actuar a través del entrenamiento para mejorar numéricamente el porcentaje de uno y otro tipo de fibras, sí podemos en cambio influir selectivamente sobre ellas, mejorando la sección transversal de las fibras rápidas en relación a las lentas.

#### 1.5.1.2.2. Relación hipertrofia tipo de fibras.

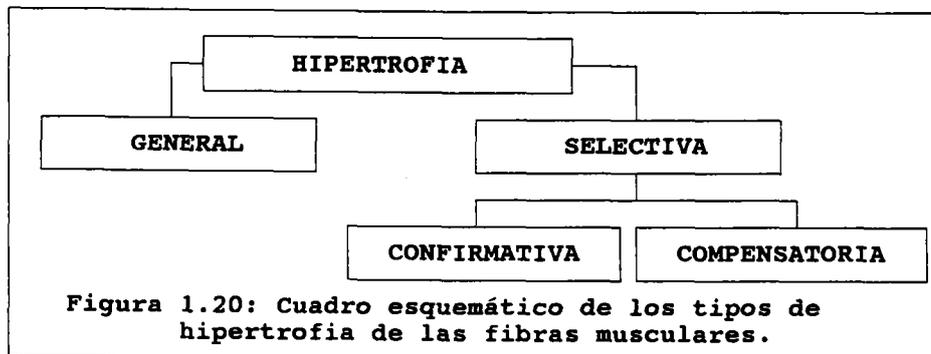
Al analizar la hipertrofia de las fibras musculares como una de las vías fundamentales de adaptación de los músculos, hay que señalar que la hipertrofia de las fibras CL (incremento del tamaño de sus miofibrillas, incremento de la cantidad y del número de sus mitocondrias) provoca un incremento del peso específico de su masa, con el consiguiente incremento de la sobrecarga y la disminución de la velocidad de esos músculos. Por otra parte, la hipertrofia de las fibras CR provocan un incremento de su peso específico, en relación a las CL y por tanto, permite que se incremente su potencial (Counsilman, 1982, citado por Tihanyi, 1988). El carácter de la carga es el que determina cual de las fibras sufre las adaptaciones.

Tihanyi (1988) señala, como se ha dicho anteriormente, que cuando se hable de las propiedades de fuerza muscular en conexión con las características de las fibras musculares, no sólo habrá que tener en cuenta el porcentaje entre las fibras rápidas y las lentas, sino también el porcentaje del área de sección transversal de unas y otras.

Así, el área total ocupada por las fibras CR puede ser mayor de lo esperado de acuerdo con el porcentaje de las mismas. Esta discrepancia se debe a que la hipertrofia de las

fibras CL es selectiva.

El esquema posterior, figura 1.20, recoge los distintos tipos de Hipertrofia, explicándose a continuación, más específicamente, en qué consiste cada uno de ellos:



#### 1.5.1.2.2.1.- Hipertrofia general.

Con la hipertrofia general, ambos tipos de fibras aumentan su área en sección transversal, independientemente de su distribución. Es decir, el porcentaje de un tipo de fibra es proporcional a su área después de un tiempo de entrenamiento.

#### 1.5.1.2.2.2.- Hipertrofia selectiva.

Cuando el área de la sección transversal, para uno de los tipos de fibra, es mayor que el que le corresponde para su porcentaje, se le denomina Hipertrofia Selectiva. Esta puede ser:

- (a). Confirmativa. Lo que significa hipertrofia selectiva del tipo de fibra que ya predomina en el músculo.
- (b). Compensatoria. Que designa a la hipertrofia selectiva del tipo de fibra que está en minoría en el músculo.

La figura 1.21 resume el sentido de diferentes clases de hipertrofia de fibras

musculares:

INSERTAR LA FIGURA 1.21.

INSERTAR LA FIGURA 1.22.

Según este mismo autor, podría pensarse que una falta de fibras CR se compensaría por un aumento de la hipertrofia de las mismas. Sin embargo, esto sólo es una concepción teórica. La hipertrofia selectiva está limitada tanto desde un punto de vista práctico, como fisiológico. No se puede llevar a efecto que sólo las fibras CR aumenten su área de sección transversal. Por tanto, para alcanzar un alto cociente de área CR/CL, las áreas de fibras CR tendrían que incrementarse drásticamente, lo que no es provechoso desde el punto de vista fisiológico.

La figura 1.22 muestra el efecto desfavorable de la sobrehipertrofia en las fibras musculares. Las tres fibras a la derecha del dibujo muestran un área total de la sección transversal igual a las fibras de la izquierda. La fibra más grande tiene 3 capilares. Las tres fibras pequeñas, cada una de las cuales tiene dos capilares, tienen, sin embargo, un mejor aporte de substratos que la fibra solitaria. Si dividimos las áreas totales (secciones) por el número de capilares, la diferencia entre los dos tipos se hace notable. Desde el punto de vista fisiológico, las fibras más pequeñas pueden trabajar mejor, en lo que respecta a su capacidad aeróbica (oxidativa), a pesar del hecho de que la fuerza máxima es aproximadamente idéntica para la única fibra grande que para las tres pequeñas (juntas). Además, las fibras pequeñas tienen mejores posibilidades de aumentar más adelante su área de sección transversal.

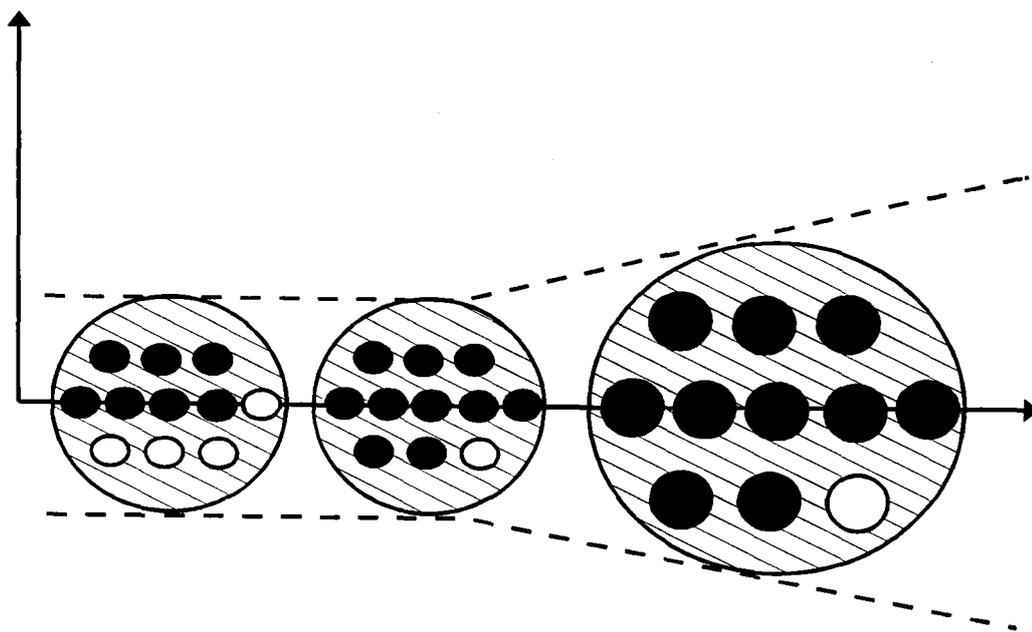


Figura 1.21: Mecanismo del entrenamiento de fuerza, primero hay un mejoramiento de la inervación y después, hipertrofia. Weineck (1988).

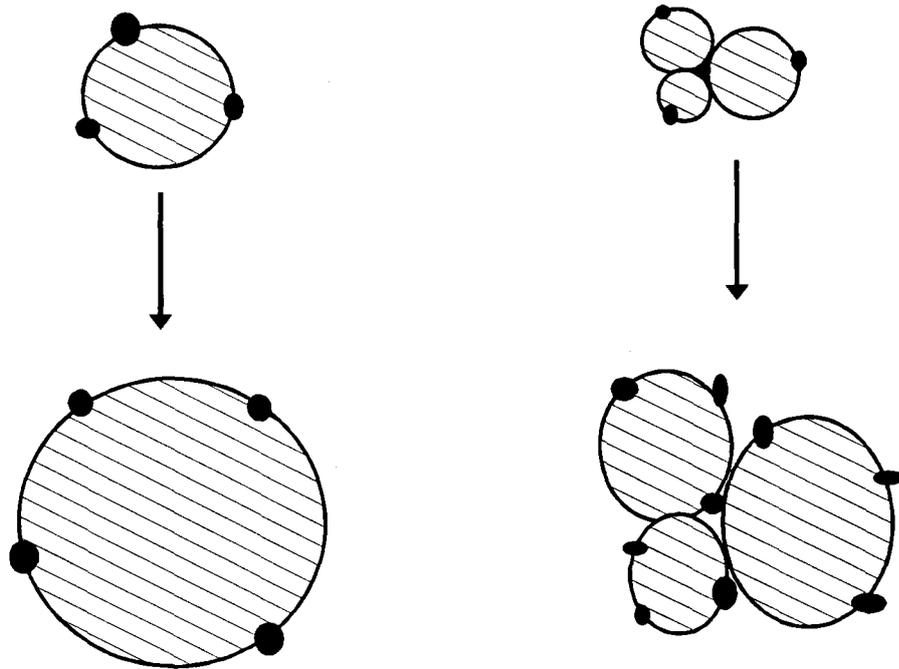


Figura 1.22: Relación hipertrofia capilarización. El área aumenta 1,5 veces en cada fibra y los capilares aumentan 1 vez, por lo que el aporte empeora para las fibras grandes.

### 1.5.1.3. Disposición anatómica de las fibras.

Para Morehouse (1975 citado por Alvarez, 1985) y Platonov (1993), la disposición de las fibras musculares determina la fuerza de la acción de acortamiento. La disposición de las fibras con respecto al tendón, determina un ángulo de tracción, que tiene una influencia decisiva sobre la tracción total que puede ejercer el músculo. Por ello, los músculos que tienen una estructura Bipenniforme (Recto Femoral) o Multipenniforme (Deltoides) es con los que se alcanza mayor fuerza, debido al ángulo que provocan a ambos lados del tendón. A continuación le seguirían en capacidad de fuerza los músculos Penniformes (Semimembranoso) y por último vendrían los Fusiformes (Sartorio), los cuales ejercen menor fuerza pero tienen una gran movilidad.

INSERTAR LA FIGURA 1.23.

### 1.5.1.4. Longitud inicial del músculo.

De acuerdo con la teoría del filamento deslizante (Huxley, 1961, citado por Bosco, 1985), debe haber una longitud óptima del músculo en la cual el mayor número de puentes cruzados puedan ser activados para generar fuerza. Si un músculo es extendido demasiado, los filamentos de actina tienden a ser arrancados de los filamentos de miosina y de las uniones de los puentes cruzados, mientras que si se acortan demasiado, parece que los filamentos de actina pueden interferir unos con otros, para hacer uniones efectivas de los puentes cruzados (figura 1.24).

INSERTAR LA FIGURA 1.24.

Forma de los músculos

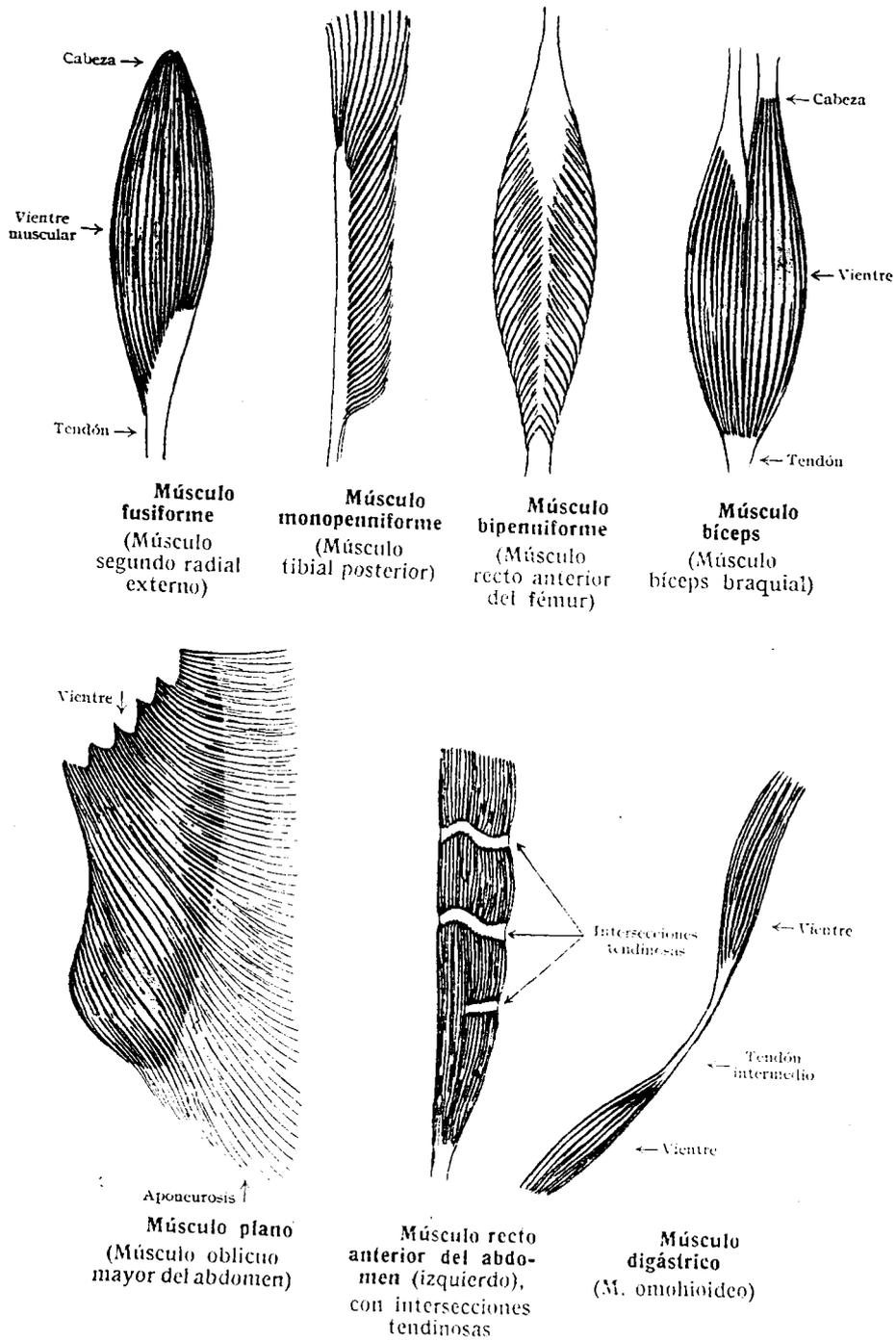


Figura 1.23: Tipos de Músculos, con diferentes angulaciones fibra-tendón. (Tomado de Spalteholz, 1975).

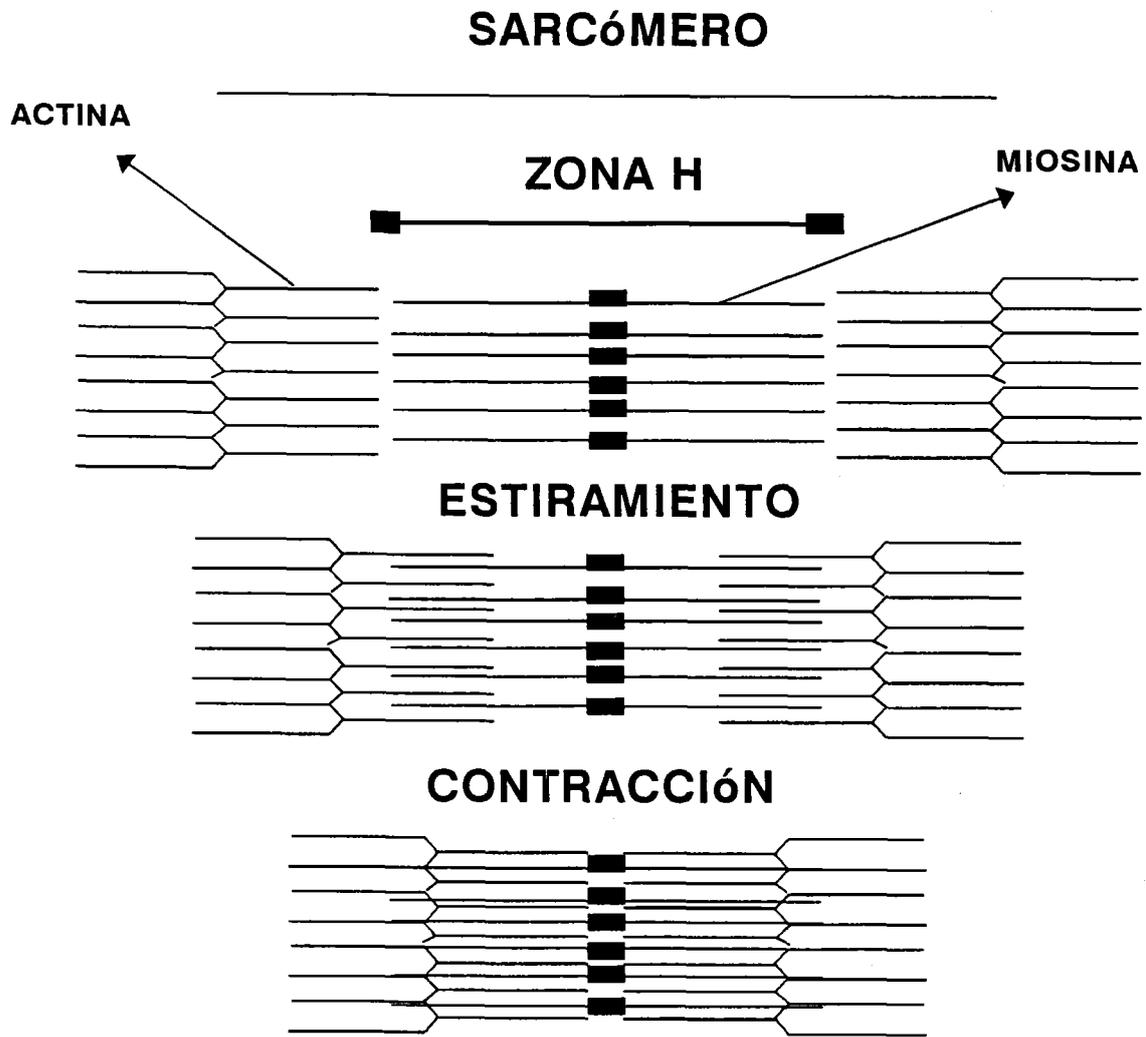


Figura 1.24: Estructura esquemática del Sarcómero (Bosco, 1985).

Por tanto, puede concluirse que existe una proporcionalidad entre el grado de flexión de la articulación (el cual determina una longitud u otra del músculo) y la fuerza que el músculo es capaz de generar (Padial 1991).

La longitud inicial para crear la máxima fuerza concéntrica se sitúa entre el 90 y el 100% de la longitud de reposo (Fox, 1984), si bien, en el cuerpo humano, la fuerza, el ángulo de fuerza y sus relaciones son específicas para cada uno de los grupos musculares (Hakkinen, 1990). En el caso de la flexión del antebrazo, la máxima fuerza se puede aplicar a los 12° de inicio de flexión (Fox, L.,1984).

Por todo ello, a la hora de entrenar hay que tener en cuenta los ángulos con que se efectúa el gesto de competición y la fuerza que el deportista puede generar en él.

En este apartado hay que hacer una especial salvedad a la influencia de la masa, en la altura del salto. Como indicamos en la fundamentación teórica del salto de remate o de bloqueo, la variable que determina la altura del salto es la velocidad de componente vertical ( $V_y$ ) en el momento del despegue. Esta  $V_y$  depende de la diferencia de velocidad que se produce entre la máxima flexión ( $V_0$ ) y el momento de pérdida de contacto con el suelo ( $V_f$ ). Esta diferencia debe ser lo mayor posible, ya que  $V_0$  es igual a 0 y tenemos:

E-4

$$a_y = V_f - V_0$$

donde  $a_y$  es la componente vertical de la aceleración;  $V_f$  es la velocidad final y  $V_0$  es la velocidad inicial en el momento de máxima flexión.

En esta aceleración es donde interviene la masa del jugador ya que si la aceleración es inversamente proporcional a la masa, a mayor masa, menor aceleración para la misma fuerza:

E-5.

$$a = \frac{F}{m}$$

donde  $a$  es la aceleración;  $F$  es la fuerza que se aplica  
y  $m$  es la masa que sufre la aceleración.

En este sentido hay que resaltar que en la selección, durante su etapa de preparación específica, conseguimos que disminuyeran su masa e incrementaran su fuerza de componente vertical, con lo que se incremento la aceleración y por tanto la altura del salto de forma espectacular como luego explicaremos.

### 1.5.2. Factores nerviosos.

Una serie de trabajos de fisiología señalan que el factor principal del desarrollo de la fuerza es el mejoramiento de la actividad de los centros nerviosos que regulan la contracción muscular (Kresotvnikov, A. 1975; Zimkin, N. 1956; Korobkov, 1954; Knipst, 1952, citados por Kuznetsov, 1984).

Cuando una motoneurona activa a sus fibras musculares, estas se contraen

completamente en un instante. La pregunta que nos haríamos entonces sería,

- ¿ Cómo podemos disponer de distinta fuerza durante la contracción?.

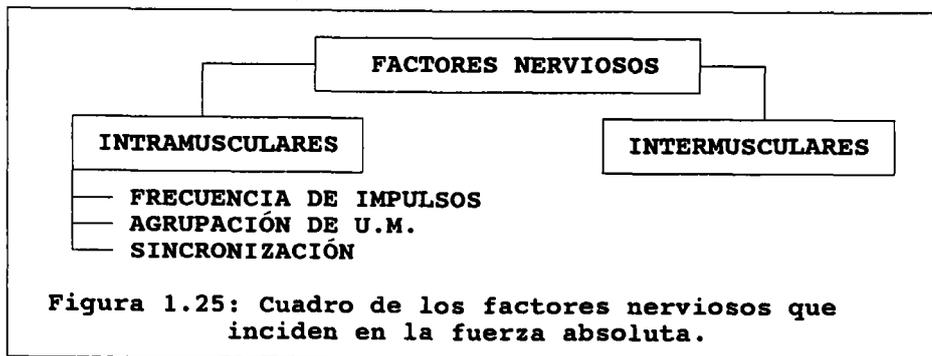
La respuesta es que el cerebro sólo solicita el número y tipo de fibras que necesita en función de la magnitud de la resistencia (Costill, Sharp & Troup, 1980, citados por Platonov, 1991).

Cuando un deportista va a realizar un gesto salvando un peso determinado, su cerebro calcula el número y el tipo de fibras que necesita para este trabajo, y después, las recluta para hacerlas funcionar siguiendo la Ley del Todo o Nada. Si la actuación muscular que se desprende de dicha solicitud no es suficiente, el cerebro puede:

1º.- Reclutar un mayor número de Unidades Motrices: Sumación Espacial.

2º.- Aumentar la frecuencia de solicitud de las Unidades Motrices. Sumación Temporal.

En la figura 1.25 se recogen, esquemáticamente, todos los factores nerviosos que inciden en el desarrollo de la fuerza absoluta:



#### 1.5.2.2. Frecuencia de impulsos.

Si se le aplica una sola descarga al músculo, la respuesta es una sola contracción y relajación, una sacudida muscular. La mayor parte de las contracciones musculares son de

tipo prolongado o una suma de contracciones que se conoce como tétanos, que se produce cuando se estimula un músculo con una serie rápida y repetida de descargas, sin que haya tiempo suficiente para las relajaciones, produciéndose una contracción constante y prolongada. A veces no se produce un tétanos total, dando lugar al proceso que se denomina tétanos incompleto (figura 1.26) llamado clonus (Bosco, 1982).

INSERTAR LA FIGURA 1.26.

INSERTAR LA FIGURA 1.27.

#### 1.5.2.2. Agrupación de unidades motrices.

Según el principio de Reclutamiento de Henneman (figura 1.27), en una contracción, las UM son reclutadas según la pauta del tamaño (Cometti, 1988), en cascada, es decir, primero son reclutadas las UM lentas (velocidad de conducción baja, nivel de umbral bajo, frecuencia baja, fibras CL) y luego las UM rápidas (velocidad de conducción alta, nivel de umbral alto, frecuencia alta y fibras CR).

Cuando el estímulo es lo suficientemente intenso, si bien el orden de reclutamiento no varía, sí disminuye, por contra, el tiempo que transcurre hasta que intervienen las unidades motrices CR (recordemos que su umbral de excitación estaba más alto), y como resulta que estas últimas tienen una mayor velocidad de propagación del estímulo y una contracción más rápida, el movimiento que se produce resulta de la intervención, casi exclusiva, de estas unidades motrices. Por lo tanto, con tensiones extremas o casi extremas, las UM. no se incorporan una tras otra, sino que se activan casi simultáneamente (Evarts, 1984).

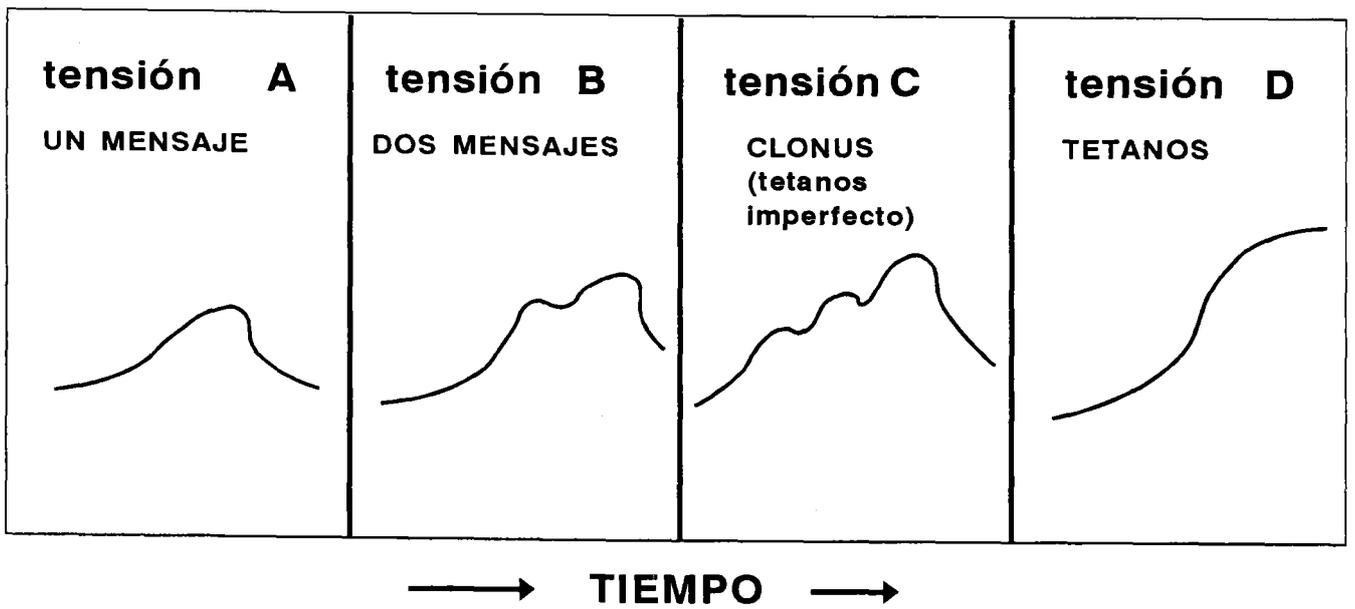


Figura 1.26: Reclutamiento Temporal de estímulos.

# PRINCIPIO DE RECLUTAMIENTO DE U.M.

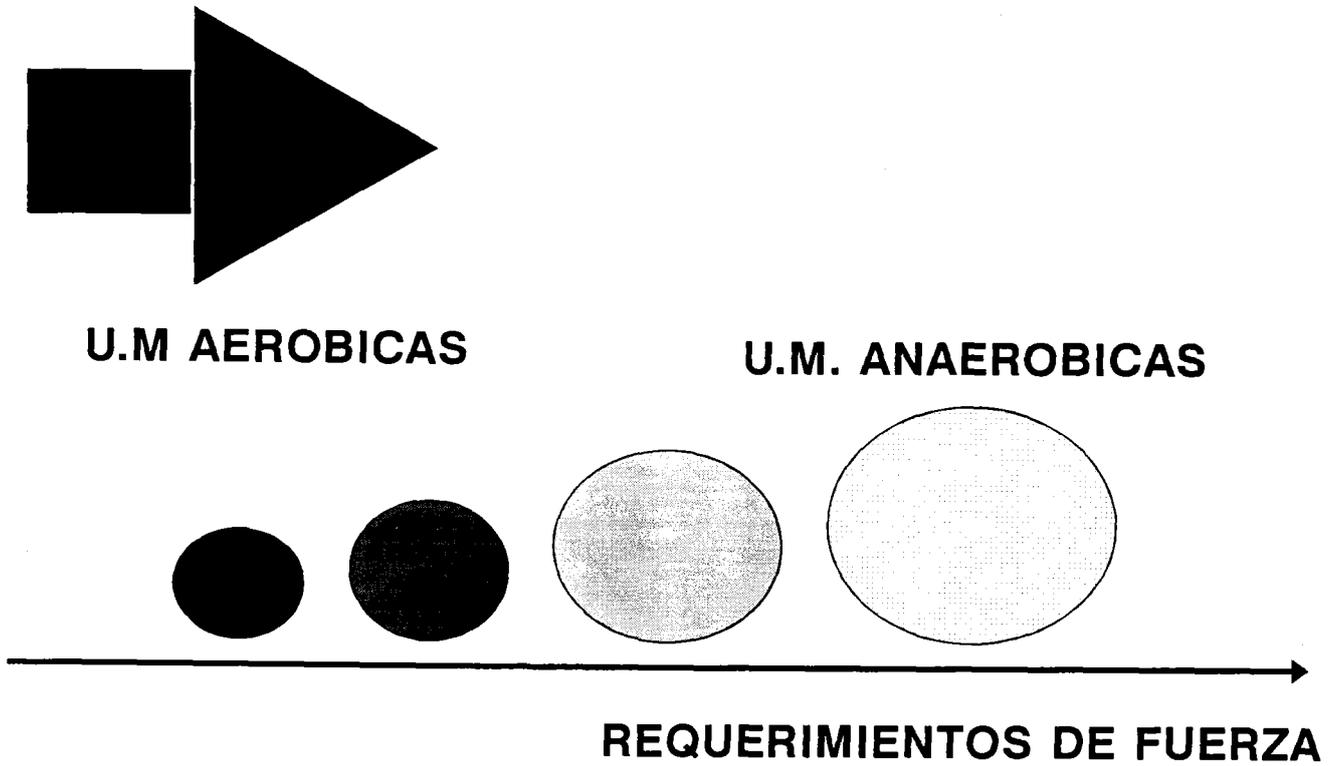


Figura 1.27: Principio de Reclutamiento de Unidades Motrices.

### 1.5.2.3. Sincronización.

En la vida normal, alguien entrenado es capaz de sincronizar mejor sus unidades motrices para producir fuerza, que uno que no esté entrenado. Es simplemente cuestión de adaptación (Cometti, 1990).

El funcionamiento de este efecto nervioso fue explicado por una serie de autores, de entre los que destaca Paillar (citado por Cometti, 1990), hace algunos años:

- Paillar expone que existe al principio, por naturaleza, una sincronización de las motoneuronas desfavorable para la vida cotidiana, porque provocaría movimientos temblorosos y violentos, afortunadamente existe un mecanismo desincronizador: El circuito de Renshaw. El circuito de Renshaw es un mecanismo suplementario de regulación de la actividad de contracción muscular. Este circuito recurrente, nacido de una rama colateral de las motoneuronas alfa causa, por la interneurona inhibidora de Renshaw, una disminución del tono muscular. De manera general, el circuito previene una activación demasiado grande de las motoneuronas alfa, secuenciando sus ases de excitación e inhibición (Rigal, 1985). La desincronización es pues el resultado de una inhibición producida por el circuito de Renshaw, pero para desarrollar una mayor fuerza es preciso eliminar esta inhibición.

- ¿Cómo es posible?:

- Pierrot Deseilligny ( citado por Cometti, 1984), ha demostrado que estas células de Renshaw están bajo la dependencia de centros nerviosos capaces de enviar influjos inhibidores. Esta inhibición permite recuperar la sincronización inicial. Se constata pues, que en este caso la mejora de la fuerza se debe a la eliminación de una inhibición.

Schmidtbleicher (1988) expresó que para solicitar este mecanismo son necesarias cargas o tensiones musculares superiores al 80 % del máximo.

INSERTAR LA FIGURA 1.28.

#### 1.5.2.4. Coordinación intermuscular.

Otra vía de adaptación de los músculos se consigue mejorando la coordinación intermuscular, la cual perfecciona la actividad de los músculos sinérgicos y antagonicos, condición indispensable para la economía del trabajo. La coordinación intermuscular está estrechamente ligada con la elasticidad de los músculos antagonistas y con la movilidad de las articulaciones correspondientes, y junto con ellos, elimina las tensiones innecesarias cuando ejecutamos los movimientos, al mismo tiempo que proporciona una coordinación efectiva para conseguir un fin determinado.

#### 1.5.3. Factores ligados al ciclo estiramiento-acortamiento.

Cuando aprovechamos el estiramiento del músculo en la parte excéntrica del gesto, este es capaz de producir una mayor fuerza en la parte concéntrica (expresión de Fuerza Reactiva. Vittori, 1988). Un músculo previamente distendido se contrae más rápido y fuertemente (Krestovnikov, 1956; Beritov, 1946, citados por Kuznetsov y Cavagna et al., 1965).

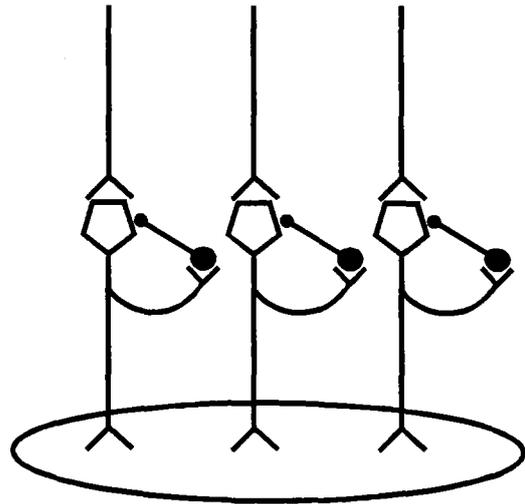
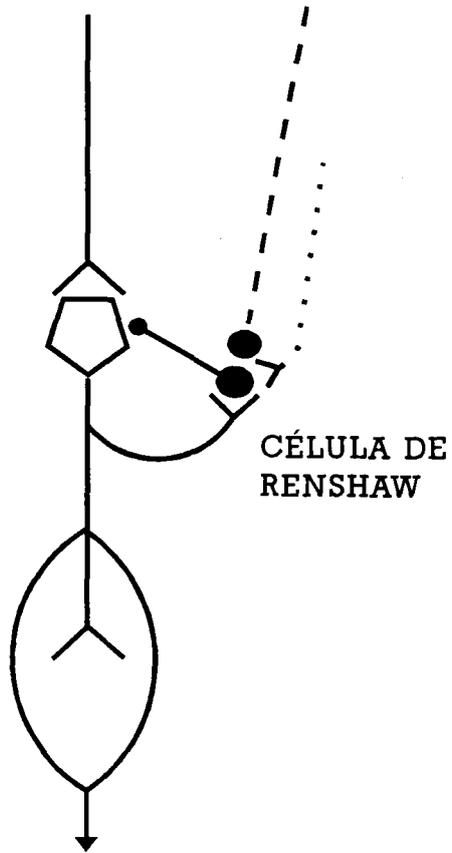
INSERTAR AL FIGURA 1.29

En este caso intervienen 2 factores (Komi, 1984):

1º - Participación de las propiedades elásticas.

2º - La intervención del Reflejo Miotático.

CENTROS SUPERIORES



SINCRONIZACIÓN DE ENTRENAMIENTO

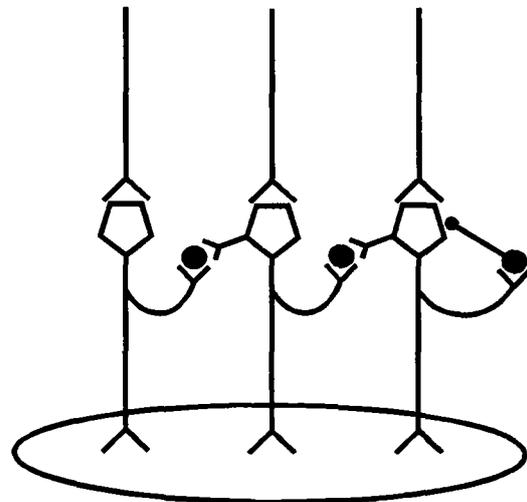


Figura 1.28: El Circuito de Renshaw y la Sincronización de Unidades Motrices (Cometti, 1988).

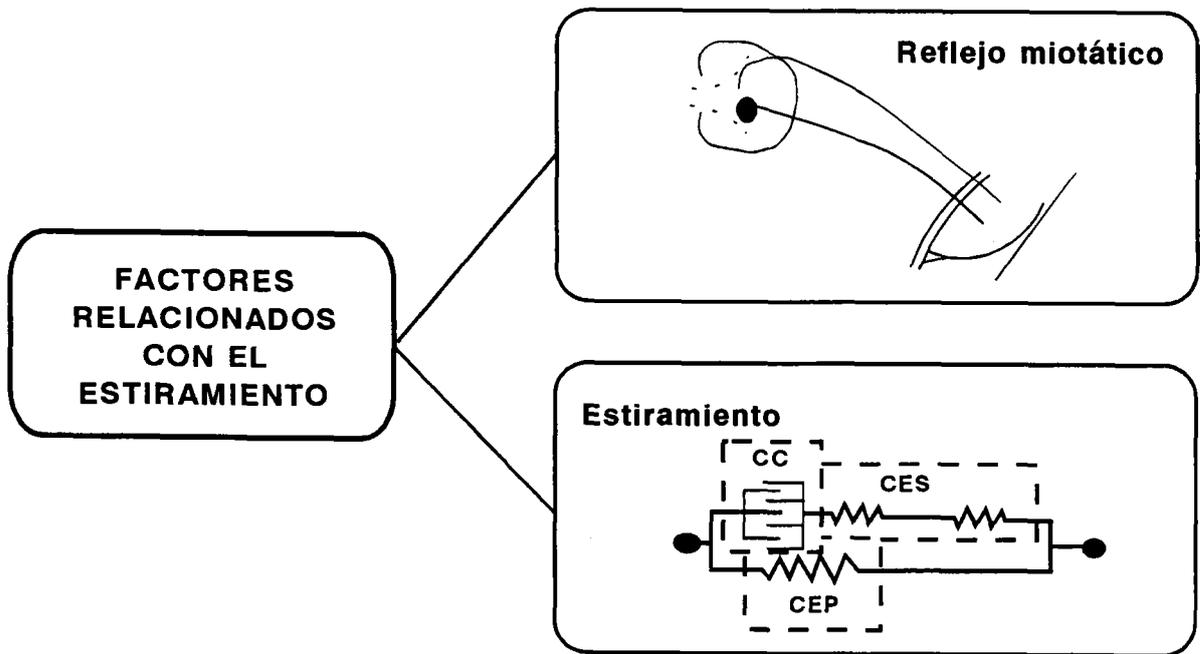


Figura 1.29: Factores ligados al Ciclo Estiramiento-Acortamiento (tomado de Cometti, 1988).

#### 1.5.3.1. Participación de las propiedades elásticas.

Los tipos de contracción concéntrica (CC), excéntrica (EC) e isométrica (IC), se dan muy pocas veces en los movimientos humanos habituales de forma aislada y es frecuente que los segmentos corporales estén sujetos a fuerzas de impacto y a la propia fuerza de la gravedad que alargan el músculo. Normalmente los músculos comienzan contrayéndose excéntricamente y continúan con una contracción concéntrica. A este ciclo natural de contracciones es a lo que se le llama *Ciclo de Estiramiento-Acortamiento*. Este comportamiento muscular permite que la acción final (CC) se produzca con mayor fuerza (en relación al movimiento en el que no se hubiera pasado previamente por un estado excéntrico en el músculo).

La razón del aumento del rendimiento se debe al comportamiento elástico del músculo durante e inmediatamente después de la contracción excéntrica (EC) Cavagna y col. (1965) comprobaron en sus experiencias, como cuando el músculo activo se estira, o cuando el músculo pasivamente estirado es de repente activado, aumenta su tensión y almacena la elasticidad en su componente elástico en serie ( ver figura 1.30). Esta elasticidad almacenada podrá recuperarse siempre que el tiempo que transcurre entre los ciclos excéntricos-concéntricos sea mínimo; de otro modo, esta energía almacenada se disipará en forma de calor (de ahí precisamente que la elasticidad sea utilizada en los calentamientos de forma efectiva).

INSERTAR LA FIGURA 1.30.

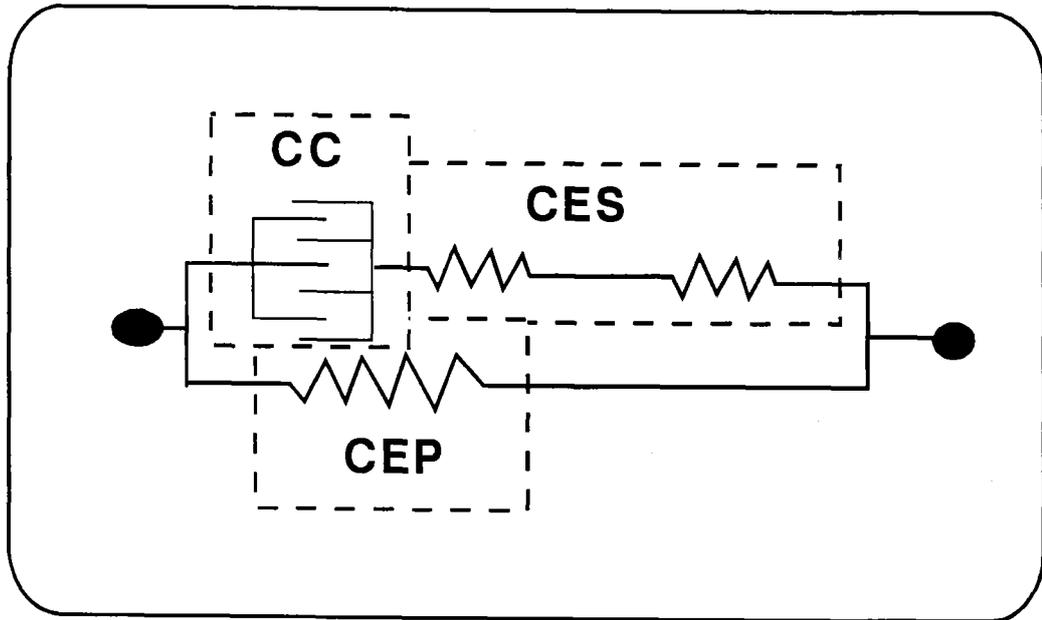


Figura 1.30: Componentes de la Elasticidad Muscular (Cometti, 1988).

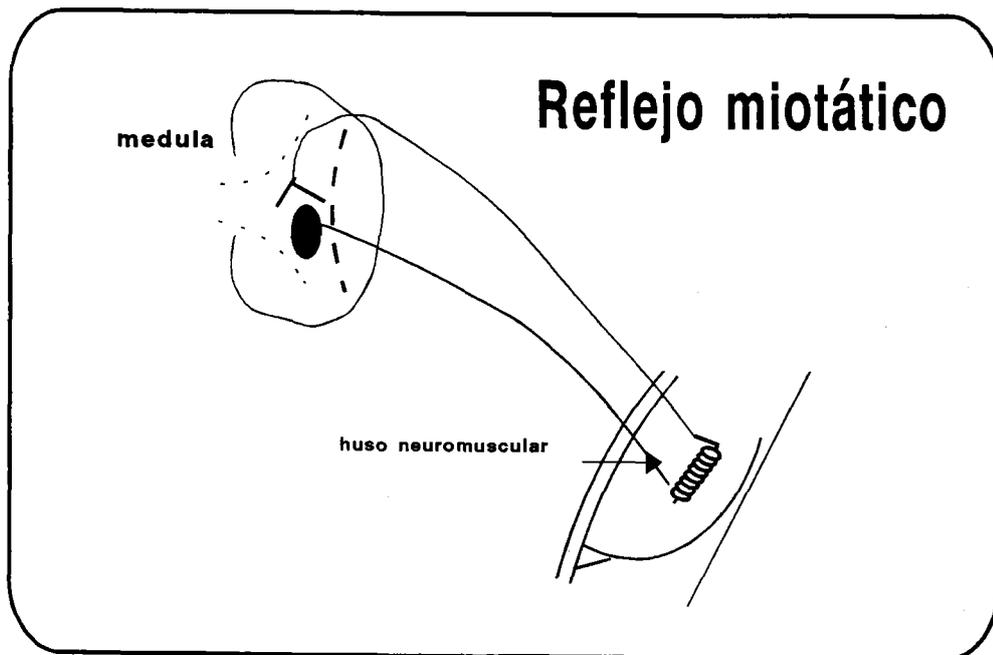


Figura 1.31: El Reflejo Miotático en la Elasticidad Muscular (Cometti, 1988).

Los componentes elásticos en serie (CES), que son mucho más importantes que los elementos elásticos en paralelo (CEP) para propiciar la capacidad elástica cuando el músculo se estira, se localizan en el tendón y, principalmente, dentro de los puentes cruzados entre los filamentos de actina y miosina. Según Huxley y Simmons (1971, citados por Komi, 1984) las cabezas de los filamentos de miosina están rotadas hacia atrás en el momento del estiramiento, en contra de su tendencia natural, hasta la posición de mayor estiramiento.

En este modelo, la unidad S-2 de la molécula de meromiosina pesada posee elasticidad. Dado que la vida del puente cruzado es limitada, variando desde 15 milisegundos hasta 120 milisegundos (Komi, 1984), es conveniente pues para la utilización de la elasticidad almacenada que tanto el mismo estiramiento como el período de transición (tiempo de acoplamiento) entre estiramiento y acortamiento, sean cortos.

Dichos mecanismos pueden utilizarse para explicar, por lo menos en parte, el hallazgo de que la potenciación de la producción mecánica de potencia en el movimiento de saltar, es mayor cuando se ejecuta con un preestiramiento de corto alcance y un tiempo corto de acoplamiento.

Las fibras CR y CL se caracterizan por diferentes propiedades viscoelásticas que les permiten aprovecharse de manera diferente, del ciclo de estiramiento-acortamiento. Tras diversas experiencias utilizando el Salto Vertical (con distintos tiempos de salto) y analizando la participación diferenciada de los distintos tipos de fibras, Bosco y col. (1985) interpretaron los hallazgos como una demostración de posibles diferencias entre la vida de los puentes cruzados en las fibras musculares rápidas y lentas.

Los sujetos con predominio de fibras CR en sus músculos Vastos Externos se beneficiaron de la ejecución de la fase de estiramiento-acortamiento con una velocidad alta y un emplazamiento corto de la articulación de la rodilla (almacenaban más elasticidad al

compararse con sujetos con mayor porcentaje e fibras CL ).

### 1.5.3.2. El reflejo miotático.

INSERTAR LA FIGURA 1.31.

Al producirse un estiramiento *brusco* del músculo durante la fase excéntrica del ciclo, los receptores que recogen los incrementos de tensión en el interior de la unidad contráctil (los husos musculares) envían, vía refleja, las informaciones pertinentes de protección para, que de la forma más rápida posible y a través de una estimulación a nivel de la médula espinal, se ordene al músculo que se estaba estirando, que realice una contracción. La reacción refleja depende en gran medida, como indicó Pavlov (citado por Kuznetsov, 1984), de la fuerza del estímulo actuante.

De esta forma, a la estimulación voluntaria propia de cualquier músculo a nivel del Sistema Nervioso Central, se le uniría esta estimulación refleja proveniente de la médula espinal. El resultado subsiguiente será una mayor contracción concéntrica, superior a la que se hubiera producido de no mediar el Reflejo Miotático.

La contribución relativa de los de los dos mecanismos es muy difícil de estimar ya que cualquier aumento de la potenciación mioeléctrica (Reflejo Miotático) trae consigo una potenciación elástica (Komi, 1984).

En base a estas consideraciones, se modificó considerablemente el entrenamiento de fuerza, elaborándose una serie de procedimientos metodológicos que tuvieran en cuenta los conceptos mecánicos y el tipo de sollicitación a que se ve sometida la musculatura interesada en el salto vertical, con la necesidad de recurrir a ejercicios específicos debido a la

cualificación de los voleibolistas.

#### 1.5.4. Factores Comportamentales.

Dentro de los factores comportamentales incluimos aquellas variables psicológicas que determinan la eficacia de la ejecución motora y el aprendizaje de la conducta específica.

##### 1.5.4.1. Retroinformación o Feedback Aumentado.

Los programas de modificación de conducta en comportamiento motor, se traducen en la medida operativa de una conducta inicial. Sobre la tasa inicial, se definen los objetivos y estrategias de entrenamiento, que se concretarán en programas que permitan modificar la conducta en el sentido de mayor eficacia en el gesto practicado, dando como resultado una tasa final, que nos permite evaluar los efectos del entrenamiento. En definitiva podemos decir, que el aprendizaje supone un proceso de cambio estable de la conducta motora, como consecuencia de la práctica (Oña, 1994).

La vigencia en el aprendizaje motor de los modelos de control motor, hace que el control de la información ocupe un lugar relevante en los procesos de aprendizaje, de forma que actualmente se tiende a considerar la práctica como un proceso de control y manipulación de la información con objeto de producir las modificaciones de la conducta motora (Schmidt, 1988).

Este tratamiento da al aprendizaje, bajo el punto de vista de los modelos de Servosistema, un enfoque integral.

Dentro del aprendizaje, los procesos centrales, menos ligados a la ejecución mecánica, son los más afectados. De esta forma, la práctica, no sólo afecta a la mejora mecánica, sino también a los procesos cognitivos concomitantes (Oña, 1994).

Nosotros adoptamos un programa de modificación de conducta para optimizar el aprendizaje, aplicando los principios actuales del aprendizaje motor sobre transferencia, control de la práctica y conocimientos de resultados.

Para aplicar el programa escogimos el feedback aumentado (Magill, 1993) o retroinformación, que es una de las técnicas utilizadas en la modificación del comportamiento motor como ayuda al entrenamiento físico, siguiendo los estudios sobre el salto vertical iniciados por Martín (1987).

La administración de información suplementaria de la ejecución que realiza el deportista, es considerada como una de las variables más importantes en el aprendizaje de habilidades (Bilodeau & Bilodeau, 1958; Salmoni y col., 1984; Magill, 1986; Schmidt, 1988 ). La información que recibe el sujeto sobre su ejecución va a incidir en el proceso del aprendizaje, pudiendo darse, durante o a la finalización del movimiento, o bien de forma combinada.

El tipo de esta información, el volumen de ella y el tiempo en el que ha sido presentada puede afectar al desarrollo y al aprendizaje de la tarea (Schmidt, 1988). La información que recibe el sujeto durante o después de la acción es normalmente llamada Feedback (Magill, 1993). Un número elevado de investigadores coinciden en que el Feedback fue la variable más importante para el aprendizaje, excepto la práctica en sí misma (Bilodeau, 1966, citado por Schmidt, 1988). La fuente de información puede ser el entrenador, experimentador, un magnetoscopio, o incluso un software específico que presente la misma a través de un display, como el desarrollado para este trabajo.

#### 1.5.4.1.1. Tipos de Feedback.

Schmidt (1988) distingue dos tipos: 1) Feedback intrínseco, y 2) Feedback

extrínseco.

1. Feedback Intrínseco. - Es el recibido a través de los canales sensoriales, no precisa de una información adicional, sino que es percibido de forma natural a nivel interno, como puede ser el caso de un remate de voleibol en el que el balón se quede en la red. El error es fácilmente detectable sin necesidad de ninguna información suplementaria.

También podría considerarse Feedback intrínseco, el mecanismo de propiocepción, que informa al sujeto de lo que acontece durante el movimiento a nivel interno (niveles de contracción muscular, colocación de los segmentos corporales durante el movimiento, etc.). Para que esta información propioceptiva pueda ser utilizada en la mejora del movimiento, normalmente, es necesario un mecanismo de referencia corrector de errores, debiendo el sujeto conocer previamente el modelo de referencia del gesto correcto. Puede servir como ejemplo un salto de bloqueo, en cuya batida se hallan flexionado en demasía las piernas de impulso, aquí el deportista debe conocer esta particularidad de la técnica de ejecución, y ser capaz de percibir este defecto para poder utilizarlo en la detección y corrección del error.

2. Feedback Extrínseco. - El Feedback extrínseco o aumentado, en contraste con el intrínseco, sería una información suplementaria, que emanaría de una fuente externa, ya sea el entrenador, experimentador o cualquier medio más o menos sofisticado que pueda orientar al sujeto sobre su ejecución. Este Feedback puede ser proporcionado a través de los distintos órganos de los sentidos (oído, tacto, vista, gusto y olfato).

Schmidt (1988) distingue varias dimensiones del Feedback extrínseco: (a) concurrente, dado durante el movimiento y terminal, presentado después del movimiento; (b) inmediato, proporcionado en el momento que termina el movimiento y retrasado, cuando

es administrado cierto tiempo después de terminar el movimiento; (c) verbal, presentado de forma hablada y no verbal, utilizando otras formas de comunicación; (d) acumulado, que sería el sumatorio de informaciones de la acción o acciones realizadas y separado, que representaría cada momento de la acción o acciones ejecutadas separadamente; (e) conocimiento de los resultados, suele ser la información que se le proporciona al sujeto del resultado de su acción respecto al objetivo que se pretende alcanzar (p. e. has saltado 72 cm.) y el conocimiento del rendimiento, que va orientada hacia el patrón de movimiento de la acción, más que hacia los resultados o los medios necesarios para la perfecta ejecución (p. e. has flexionado excesivamente las piernas para el salto).

Siguiendo la clasificación anteriormente expuesta, la información utilizada por nosotros tomaría las siguientes dimensiones: (a) sería un Feedback terminal, dado que se presenta al finalizar la tarea; (b) inmediato, pues es suministrado en el momento que finaliza el salto; (c) no verbal, ya que no se presenta en forma hablada y visual, pues se proporciona a través del sentido de la vista; (d) acumulado, puesto que representa la sumatoria de informaciones de la acción o acciones realizadas; (e) conocimiento de los resultados, porque le informamos del valor del resultado alcanzado.

#### 1.5.4.1.2. Variables Críticas del Feedback en el Aprendizaje.

Entre las variables más importantes que pueden incidir en el aprendizaje destacaremos: 1) la frecuencia de presentación, 2) la precisión y 3) la localización temporal y efectos de los intervalos inter-ensayos.

#### 1.5.4.1.2. Variables Críticas del Feedback en el Aprendizaje.

Entre las variables más importantes que pueden incidir en el aprendizaje destacaremos:

1) la frecuencia de presentación, 2) la precisión y 3) la localización temporal y efectos de los intervalos inter-ensayos.

1. Frecuencia.- Una de las variables que pueden afectar al aprendizaje a través de la información suministrada, es la frecuencia en la presentación de la misma. La frecuencia absoluta está referida al número de veces que se presenta el Feedback a través de la práctica (Salmoni y col., 1984; Schmidt, 1988;), así, si durante 50 ensayos se aplica Feedback, alternando un ensayo con información y otro sin ella, la frecuencia absoluta sería de 25. La frecuencia relativa indica el porcentaje de ensayos en el que el Feedback es suministrado (Salmoni y col., 1984; Schmidt, 1988;), para ello el número de Feedback debe ser dividido por el número de ensayos y multiplicado por 100 con lo cual hallaremos el porcentaje, en el caso anterior la frecuencia relativa sería  $(25/50) \times 100 = 50\%$ .

Los primeros que estudiaron esta variable fueron Bilodeau & Bilodeau (1958), quienes en un experimento en el que la frecuencia absoluta permanecía constante (10 feedback en todos los grupos) y la frecuencia relativa variaba (10%, 25%, 33% y 100%), concluyeron que el grupo de 100% de Feedback obtenía los mejores resultados, y por tanto, la frecuencia absoluta era importante para el aprendizaje, sin embargo la relativa era irrelevante. Por otro lado, consideraron que los ensayos sin Feedback no contribuían al desarrollo de la habilidad. Se podría argüir que, en este estudio, no se utilizaron test de transferencia y, por tanto, no pudieron comprobar si los efectos a posteriori seguían siendo los mismos.

Posteriormente Ho & Shea (1978) en un estudio similar al de Bilodeau & Bilodeau, manteniendo fija la frecuencia absoluta y manipulando la frecuencia relativa, pero con la diferencia de la aplicación del test de transferencia, mostraron que, a pesar de que el grupo de 100% de Feedback obtenía mejores resultados al final de la práctica, al aplicar el test de

transferencia los grupos de menor frecuencia relativa obtenían los mejores resultados; mostrándose la frecuencia relativa como una importante variable del aprendizaje, y contradiciendo de esta forma el estudio anterior. En esta investigación, a menor frecuencia relativa, existía un mayor número de ensayos, y por tanto, los resultados podrían ser debidos a la cantidad de práctica.

Para subsanar estas dudas, exponemos a continuación la investigación realizada por Winstein & Schmidt (1985, citados por Magill, 1986), donde el número de ensayos era idéntico para los tres grupos experimentales, 200 repeticiones. Con ello se controlaba una posible variable contaminante como es la práctica, la frecuencia relativa era manipulada, y los cambios en esta eran acompañados de variaciones en la frecuencia absoluta. Establecieron tres grupos (a) grupo de 100% frecuencia relativa, (b) grupo de 10% frecuencia relativa, (c) grupo de autoselección, donde el Feedback era presentado únicamente cuando lo solicitaba el sujeto. Los resultados demostraron que, al igual que el estudio anterior, durante la práctica los mejores registros eran conseguidos por el grupo de 100% de frecuencia relativa, sin embargo en el test de transferencia, el grupo de autoselección superaba al de 100%, y no existían diferencias significativas entre este último y el de 10%.

Estos resultados nos hacen pensar que la aplicación excesiva de información a través de los ensayos crea en el sujeto cierta dependencia de la misma, y una vez que se retira, el nivel de retención del aprendizaje no es demasiado alto, sin embargo, si el sujeto es capaz de irse independizando de la necesidad de esa información, como ocurría en el grupo de autoselección del último estudio, el nivel de retención es mucho mayor.

2. Precisión.- La precisión en el conocimiento de los resultados se refiere a las manipulaciones que podemos realizar en la exactitud de la presentación de la información.

El Feedback puede darse acerca de la dirección del error, p. e. si pretendemos que el sujeto realice un salto con la mayor potencia posible, le podemos presentar la información diciéndole este salto está por encima de la media o este salto está por debajo de la media; o informando de la magnitud del error, y esto lo podemos hacer con mayor o menor precisión, p. e. *hay una diferencia de 17 con respecto al salto anterior* o *hay una diferencia entre 10 y 20 con el salto anterior*.

También podríamos dar información acerca de los dos parámetros planteados anteriormente (dirección y magnitud), p.e. *has incrementado la potencia en 17*, con lo que aumentaríamos la precisión en la información. Planteando ambos tipos de información de forma conjunta incidiremos positivamente sobre el aprendizaje; sin embargo, si sólo damos información de uno de los dos parámetros planteados anteriormente, es preferible dar la información sobre la dirección que sobre la magnitud (Schmidt, 1988). A pesar de todo el proveer de información ya sea únicamente de la dirección o de la magnitud favorece el aprendizaje (Schmidt, 1988).

No siempre la precisión en la información reporta efectos positivos en el aprendizaje, p. e. con niños parece ser que puede perjudicar el aprendizaje (Newell & Kennedy, 1978; citado por Salmoni y col., 1984).

Otro aspecto a tener en cuenta es la cantidad de información, que si es adecuada mejorará el aprendizaje. Pero puede ocurrir que la información sea insuficiente e irrelevante, en cuyo caso se retardará el aprendizaje, en personas adultas porque provocará una pérdida de atención durante el proceso, y en niños, por no haber aprendido aún a diferenciar los estímulos; o que exista un exceso de información en cuyo caso tendremos problemas para el procesamiento de todos esos datos.

### 3. Localización Temporal del Feedback y Efectos de los Intervalos Interensayos.-

Otras variables que inciden en el aprendizaje son el tiempo que transcurre entre el ensayo y la presentación del Feedback, y los intervalos de tiempo que pueden producirse entre los ensayos. Se han estudiado tres posibles variables: (a) intervalo de retraso en la presentación del Feedback (IRFB), (b) intervalo de retraso entre la presentación del Feedback y el siguiente ensayo (IRFB-E), (c) intervalo de retraso interensayos (IE). Los estudios realizados bajo este paradigma han encontrado serias dificultades para diferenciar los efectos de los distintos períodos de tiempo, dado que si el IRFB varía y el IRFB-E es constante, el IE variará, o si el IE se modifica afectará a los otros dos parámetros con distinta medida, etc.

(a) El Intervalo de Retraso en la presentación del FeedBack (IRFB) sería la cantidad de tiempo que transcurre entre la terminación del ensayo y la presentación del Feedback, este parámetro ha sido el más estudiado por los investigadores. Generalizando al hombre los estudios realizados con animales, en los que el retraso de la recompensa perjudicaba el aprendizaje, puede utilizarse la lógica de que el retraso en la información puede verse afectado por una disminución en la memoria de la representación del gesto (Salmoni y col., 1984; Schmidt, 1988). La hipótesis anterior fue confirmada, parcialmente, en una investigación sobre una tarea de memoria por Sussman & Smith (1969), que comprobaron que el retraso en el Feedback y su presentación intermitente incidían negativamente en los resultados.

Sin embargo, la mayoría de los estudios realizados bajo esta perspectiva no confirman esos hechos, en una revisión realizada por Salmoni y col. (1984), muestran una interminable lista de investigaciones en las que no se encuentran efectos debidos a la modificación del IRFB, sólo en casos excepcionales se ha encontrado que, aumentando el IRFB, disminuyen

los resultados en el test de transferencia, y como plantea Salmoni y col. (1984) estos efectos pueden ser debidos a las modificaciones que provoca en el IRFB-E IE los cambios en IRFB, más que a los efectos del IRFB en sí.

Habría que destacar en este apartado los casos en los que la presentación del Feedback se retrasa uno a más ensayos. Las investigaciones realizadas bajo esta perspectiva muestran que, cuando la Feedback no es inmediato y transcurren varios ensayos antes de la presentación de la información, existen mayores descensos del aprendizaje durante la fase de adquisición, sin embargo, al aplicar el test de transferencia el Feedback retardado revela mejores resultados (Salmoni y col., 1984; Schmidt, 1988).

(b) El Intervalo de Retraso entre la presentación del FeedBack y el siguiente Ensayo (IRFB-E) es el tiempo transcurrido entre la presentación del Feedback y el siguiente ensayo. Durante este período de tiempo el sujeto ha recibido la información junto a la magnitud del error del ensayo anterior, así, durante esta fase, procesará la información y generará la hipótesis para acercarse algo más en el siguiente ensayo a la respuesta correcta. Por tanto, parece claro que se necesitará un tiempo suficiente, después de la presentación del Feedback, para el procesamiento de dicha información, y además, habría que tener en cuenta que con tareas complejas el tiempo de procesamiento de la información debe ser mayor (Schendel & Newell, 1976). Investigaciones como la de Ramella & Weigand (1983) mostraron que con intervalos cortos de retraso en el IRFB-E (0.5 a 1 segundo) los resultados decrecían, y que no existían diferencias entre los grupos con intervalos entre 3 y 15 segundos de retraso.

Durante la fase de adquisición, cuando disminuye el intervalo IRFB-E, no se observan efectos en el aprendizaje, sin embargo, al aplicar el test de transferencia, esto solamente ocurre cuando el IE es constante (Schmidt, 1988), los resultados sugieren que el IE por si solo es una variable crítica del aprendizaje, pero no hay que olvidar la evidencia de que

cuando el IRFB-E es corto disminuye el aprendizaje (Salmoni y col., 1984).

(c) El Intervalo de retraso interensayos (IE), es el intervalo de tiempo que existe entre dos ensayos, engloba el IRFB y el IRFB-E. Este parámetro ha sido objeto de una gran cantidad de estudios indirectos, especialmente sobre investigaciones orientadas hacia el comportamiento de sus componentes.

De la revisión realizada por Salmoni y col. (1984), se podrían generalizar los siguientes resultados: (1) cuando el IRFB-E es constante y el IE varía con el IRFB, al aumentar el intervalo disminuye el aprendizaje; (2) si el IRFB es constante y el IE cambia con el IRFB-E, al incrementar el intervalo aumenta el aprendizaje; (3) en las investigaciones que han utilizado test de transferencia se han observado mejoras en el aprendizaje al aplicar dicho test, independientemente de la variable bloqueada.

De la literatura expuesta parece deducirse que el IE no debe ser excesivamente corto. A pesar de todo, estas variables no han sido suficientemente investigadas, y menos aún, utilizando tareas de diferente complejidad. Por tanto, consideramos que aún faltan datos para poder entender las incidencias de estos intervalos durante el aprendizaje.

#### 1.5.4.2. La Administración de la Información como Entrenamiento Deportivo.

La mejora del rendimiento deportivo conlleva la utilización de diferentes métodos de entrenamiento, controlando los efectos que producen en el deportista. Aunque este control puede ser abordado desde una óptica pseudocientífica, basándose exclusivamente en la experiencia personal (el arte del entrenador), desde principios de siglo, con la restauración de las modernas Olimpiadas (1896), el alto grado de competencia y el desarrollo de las ciencias básicas, ha hecho que se aborde desde un criterio científico, incorporándose a su estudio estas ciencias, lo que ha permitido conseguir los asombrosos resultados que se

obtienen hoy día en el deporte de alta competición.

El papel que ocupan cada una de estas ciencias en el mundo del Deporte tiene una relación directa con la relevancia de las variables que manipulan respecto a la mejora del rendimiento del deportista, las variables más relevantes, caracterizadas por un desarrollo científico y tecnológico propio, se podrían clasificar en cuatro grupos, según el área de conocimiento que las estudia: (a) Biología del Ejercicio, que trata de describir y explicar los cambios funcionales que provoca en el organismo el ejercicio, con objeto de mejorar su respuesta adaptativa; (b) Cinantropometría, cuyo objetivo es establecer relaciones de eficacia entre los parámetros antropométricos y el gesto o gestos deportivos que se han de realizar; (c) Biomecánica, que busca la máxima eficiencia en el movimiento a través del estudio y aplicación a las técnicas deportivas de las leyes mecánicas; y (d) Psicología Deportiva que, bajo el concepto genérico de modificación de la conducta motora competitiva, ha desarrollado una serie de técnicas orientadas hacia el control comportamental de los deportistas, que necesariamente tienen que enfrentarse a situaciones especiales.

En esta última, y bajo el paradigma de la retroinformación (Feedback) para conseguir una efectiva modificación de la conducta motora competitiva, se centra el estudio siete. El principal objetivo del Feedback es mejorar la respuesta, y por tanto, el aprendizaje del gesto deportivo, esto se puede conseguir gracias a los efectos que se han observado en el sujeto cuando se le da esta información suplementaria:

1. Efecto Motivacional.- El Feedback tiene un papel importante en el aumento de la motivación hacia la tarea y el nivel de activación. Cuando se administra la información, el sujeto está más interesado en la tarea, su trabajo se intensifica y los efectos persisten durante más tiempo, una vez que la información es retirada (Arps, 1920; Crawley, 1926; Elwell & Grindley, 1938; citados por Salmoni y col., 1984). Incluso se ha observado un efecto

equivalente a una forma de refuerzo o recompensa (Bilodeau & Bilodeau, 1958; Magill, 1985), que podría afectar a la motivación. Lo que está claro es que la motivación por sí misma, es una variable crítica del aprendizaje, y cualquier factor que la mejore intensificará el aprendizaje (Schmidt, 1988).

2. Efecto Direccional. - Otra de las consecuencias del Feedback es que dirige al sujeto hacia una respuesta correcta, informándole de la misma y la dirección que debe tomar la siguiente respuesta para mejorar el movimiento. El Feedback no provee un fortalecimiento directo de la respuesta, pero lo crea indirectamente guiando a la persona hacia la acción correcta (Schmidt, 1988).

3. Efecto Asociacional. - El Feedback tiene la propiedad de procurar una asociación entre el estímulo y la respuesta. Uno de los puntos de vista de esta asociación se refleja en la teoría del esquema de Schmidt (1975), donde el conocimiento de los resultados tiene la intención de operar asociadamente, así como en las formas que Adams (1971) había sugerido. En la teoría del esquema, considerando que los movimientos rápidos son controlados por programas motores, la persona puede asociar la información recibida sobre el ensayo ejecutado con los parámetros del programa motor necesarios para conseguir el éxito en el resultado de la ejecución.

## 1.6. OBJETIVOS

A partir del estudio del voleibol se puede deducir que el salto vertical es el movimiento que más incidencia tiene en los gestos técnicos del juego.

Dentro de la Preparación Física, la cualidad fundamental que determina la eficacia del salto vertical es la fuerza, por lo que su estudio y aplicaciones metodológicas que de él se deriven serán fundamentales para el entrenamiento deportivo.

La diferencia entre la altura alcanzada por el centro de gravedad durante el salto y la que tiene al final del impulso, es el componente fundamental a desarrollar mediante el entrenamiento.

Dentro de la aplicación de fuerza, el tipo de contracción, el carácter y su manifestación, determinan la cantidad de fuerza que se puede generar, por lo que tuvimos que tenerlos controlados a la hora de realizar los estudios donde intervenía la fuerza muscular, determinando el tipo que aplicamos en los gestos de competición con el salto vertical.

Dentro de los factores determinantes de la cantidad de fuerza que aplicamos, debimos corroborar algunos que no aparecen suficientemente estudiados en la bibliografía, como son:

1. La influencia que tiene el ángulo de batida en la altura alcanzada durante el vuelo posterior ( $H_2$ ) ya que la longitud inicial del músculo y el ángulo de la articulación, determinan el nivel inicial de fuerza que se aplica.

2. La elasticidad puede ser utilizada para explicar, por lo menos en parte, el hallazgo de que la potenciación de la producción mecánica de potencia en el movimiento de saltar,

es mayor cuando se ejecuta con un preestiramiento previo y un tiempo corto de acoplamiento, siguiendo el ciclo estiramiento-acortamiento.

3. Para aplicar este preestiramiento tuvimos que determinar primero, que influencia tiene el tiempo de impulso en la altura conseguida y a continuación,

4. El efecto de la preactivación muscular sobre el tiempo de impulso y la altura del salto.

Estos estudios modificaron el entrenamiento de fuerza de los voleibolistas, elaborando procedimientos metodológicos que tuvieran en cuenta estos conceptos mecánicos.

5. Al ser el tiempo de impulso una variable a disminuir en su valor, debimos determinar el procedimiento más adecuado para conseguirlo.

En este apartado, el aprendizaje, se podía mostrar como una variable, dentro de los factores comportamentales, para el incremento de la fuerza que puede generar un músculo y la acción de preactivación que consiguieran reducir el tiempo de impulso.

6. Entre las variables de modificación de conducta, el feedback, fue el procedimiento escogido, por ser el más adecuado para conseguir el aprendizaje dentro del entrenamiento deportivo, presentando los efectos motivacional, direccional y de asociacionismo que describe Oña y col. (1994).

Estos estudios, junto con el análisis de los medios de la preparación física y sus correlaciones con los diferentes tipos de fuerza, deben ser aplicados al entrenamiento de los jugadores de voleibol de alta calificación para mejorar su rendimiento en los campeonatos oficiales, como ocurrió con la Selección Española que participó en la Olimpiada de Barcelona en 1992.



## CAPÍTULO 2º.

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO FÍSICO EMPLEADO  
POR LA SELECCIÓN ESPAÑOLA DE VOLEIBOL EN SU  
PREPARACIÓN PARA LA OLIMPIADA DE BARCELONA '92.

## 2. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO

El objetivo de esta serie de estudios que presentamos, era que la Selección Española obtuviera su mejor resultado en un torneo internacional en los Juegos Olímpicos de Barcelona (1992).

Uno de los aspectos fundamentales de la preparación del voleibolista, lo constituye la preparación física, que gracias al entrenamiento de las capacidades de fuerza, resistencia, coordinación y amplitud de movimientos, junto al objetivo de mejorar la aptitud de velocidad específica, consigue el alto grado de preparación que nos lleva a la obtención de los resultados deportivos.

El alto nivel de desarrollo de las distintas capacidades físicas es consecuencia de la constante búsqueda científica y práctica, que llevan a cabo jugadores, entrenadores e investigadores para preparar a los jugadores. Y cabe señalar que la teoría y la metodología moderna del desarrollo de las capacidades físicas, en el marco del deporte de alta competición, es un área bastante estricta y científica.

También debemos destacar que la preparación física, dentro del sistema de preparación de los deportistas de alto nivel, es el área más estudiada y mejor elaborada. Este

papel preponderante se debe a que los otros factores de la preparación (la preparación técnica, táctica, psicológica, etc.) se manifiestan utilizando las cualidades físicas (fuerza, resistencia, rapidez, etc.), y que al perfeccionar el área motriz, también estamos perfeccionando las áreas técnica, táctica y psicológica (Platonov, 1991).

Al ser la preparación física uno de los componentes primordiales del entrenamiento del deportista y los medios que empleamos en ella (ejercicios físicos) ejercer una influencia directa o indirecta sobre el desarrollo de las cualidades físicas, debemos estudiar estas influencias para lograr una elección racional de medios que nos permitieran mejorar el rendimiento para la competición.

Antes de comenzar a analizar la carga e influencia de los medios de entrenamiento físico sobre el rendimiento, debemos recordar que el proceso de entrenamiento es una unidad que se asegura con la integración de sus diferentes componentes. Por ello, los medios se organizan con un orden racional, que define las interacciones de los diversos aspectos de la práctica del entrenamiento, y que nos lleva a crear estructuras organizadas en períodos y ciclos.

Con estos estudios pretendemos cumplir el objetivo principal del trabajo *mejorar el rendimiento de la Selección olímpica en Barcelona '92*, ya que los medios de la preparación física son uno de los factores fundamentales que determinan el rendimiento en la alta competición.

### **2.1. Descripción del macrociclo empleado.**

El Macrociclo que vamos a analizar se encuentra encuadrado en el Ciclo Olímpico

que realizó la Selección Española de Voleibol para preparar su participación en Barcelona'92, corresponde al Submacrociclo Olímpico, de la Etapa Específica de Preparación (último año de entrenamiento), siguiendo la terminología de Berger & Minow (1992).

El objetivo era culminar la preparación olímpica y conseguir los estados de rendimiento óptimos, que nos permitieran obtener buenos resultados en la Olimpiada de nuestro país. Para ello tuvimos que modelar los rasgos de la organización de la competición, por lo que la planificación para este último ciclo se realizó teniendo en cuenta, que la competición fundamental se realizaría del 26 de Julio al 9 de Agosto y los tiempos de adaptación individual de los diferentes sistemas biológicos.

#### 2.1.1. Estructura del macrociclo empleado.

Al desarrollarse el período fundamental de competiciones en veinte días, se escogió una estructura con una sola cima.

En este ciclo, la planificación colectiva e individual la desarrollamos como una sola unidad, ya que el rendimiento individual aumenta o disminuye el rendimiento colectivo y éste, necesita de la aportación del rendimiento de cada jugador, por lo que estas dos planificaciones están interrelacionadas.

También hay que señalar, que la participación en distintas competiciones de diferente importancia, influyó sobre la duración de los períodos de entrenamiento y sobre las características de su estructura, lo que nos hizo variar los modos de aplicación de las leyes de variación periódica.

Los objetivos que nos planteamos fueron:

1º. Eliminar los defectos de rendimiento a nivel general.

2º. Desarrollar las ventajas de cada jugador.

3º. Crear una *cohesión grupal*, basada en la unión hacia una meta común, por medio del aspecto psicológico.

El ciclo a grandes rasgos tubo como estructura fundamental, una primera sección que corresponde a la construcción del estado de forma. A ésta le sucedió una segunda sección que finalizó la estabilización relativa de la forma deportiva y en ella se centraron las competiciones más importantes. Hablamos de estabilización relativa, porque el equipo debe de ser capaz de mejorar su rendimiento en la competición, incluso dentro del torneo, siempre que la fatiga se lo permitiera, como así sucedió.

Después de las grandes cargas a que iban a ser sometidos los jugadores, planificamos la última sección para su recuperación.

El fundamento teórico de esta planificación, lo encontramos en las teorías del Profesor Lev Matveev (1985) y su ciclo complejo de entrenamiento, basándolo en los siguientes principios:

A. Tendencia a obtener los máximos resultados deportivos en el período álgido de la temporada.

B. El factor físico, basado en un relevante acondicionamiento general, tiene un papel importante.

C. La alternancia, por medio de sinusoides, del volumen y la intensidad, junto con un incremento ondulatorio de las cargas, que culmina con una transferencia retardada del volumen máximo de carga.

D. Tendencia a la individualización y la especialización.

- E. Integración entre la preparación física general y especial.
- F. Continuidad específica del proceso.
- G. Compromiso entre gradualidad y tendencia a lo máximo en el incremento paulatino de las cargas.

A estos principios, tenemos que añadir la complejidad del rendimiento en voleibol y la unidad de cinco elementos, basándonos en una buena preparación física y técnica de base, desarrollamos la táctica, tanto individual como colectiva, junto a la preparación psicológica y por último tuvimos en cuenta la organización de la competición Olímpica en cantidad y frecuencia.

El secreto del éxito del macrociclo estuvo en el enlace que le dimos a los mesociclos dentro de un sistema que respeta las leyes del entrenamiento.

Temporalmente, el macrociclo comenzó el día 16 de Enero de 1992, con el inicio de la concentración de Granada y finalizó el 30 de Agosto, después de tres semanas de descanso, lo que hizo un total de 33 semanas. Al Período Preparatorio se le dedicaron dos tercios del tiempo total, al de Competición un tercio y al de restablecimiento tres semanas.

## INSERTAR LA FIGURA N° 2.1

### 2.1.1.1. Temporalización del ciclo.

Tal y como se ve en la figura número 2.2, el ciclo constó de tres períodos: Preparatorio, de Competición y de Transición, que a su vez se subdividen en Etapas y estas en Mesociclos.

PERÍODO	SEMANAS	%TIEMPO	%CARGA
P. GENERAL	14	42.2	40
P. ESPECIAL	7	21.2	42
P. COMPETICIONES	9	27.3	18*
P. TRANSICIÓN	3	9.1	--

\*. En este 18% no se incluye la carga de los partidos solamente el entrenamiento de este período.

Figura 2.1: Distribución temporal del macrociclo.

SUBMACROCICLO OLÍMPICO	
PERÍODO PREPARATORIO:	
ETAPA GENERAL	MS INTRODUCCIÓN
	MS BÁSICO DESARROLLADOR GENERAL 1º
	MS BÁSICO DESARROLLADOR GENERAL 2º
	MS CONSOLIDACIÓN DE LA PREPARACIÓN GENERAL
ETAPA ESPECIFICA	MS BÁSICO DESARROLLADOR ESPECIAL
	MS CONSOLIDACIÓN DE LA PREPARACIÓN ESPECIAL
PERÍODO COMPETITIVO	
ETAPA DE PRECOMPETICIÓN	MS PRECOMPETICIÓN
ETAPA DE COMPETICIONES FUNDAMENTALES	MS COMPETICIÓN
PERÍODO TRANSITORIO	
ETAPA DE DISMINUCIÓN DEL ENTRENAMIENTO	MS. RESTABLECIMIENTO

Figura 2.2: Esquema del Macro ciclo utilizada por la Selección.

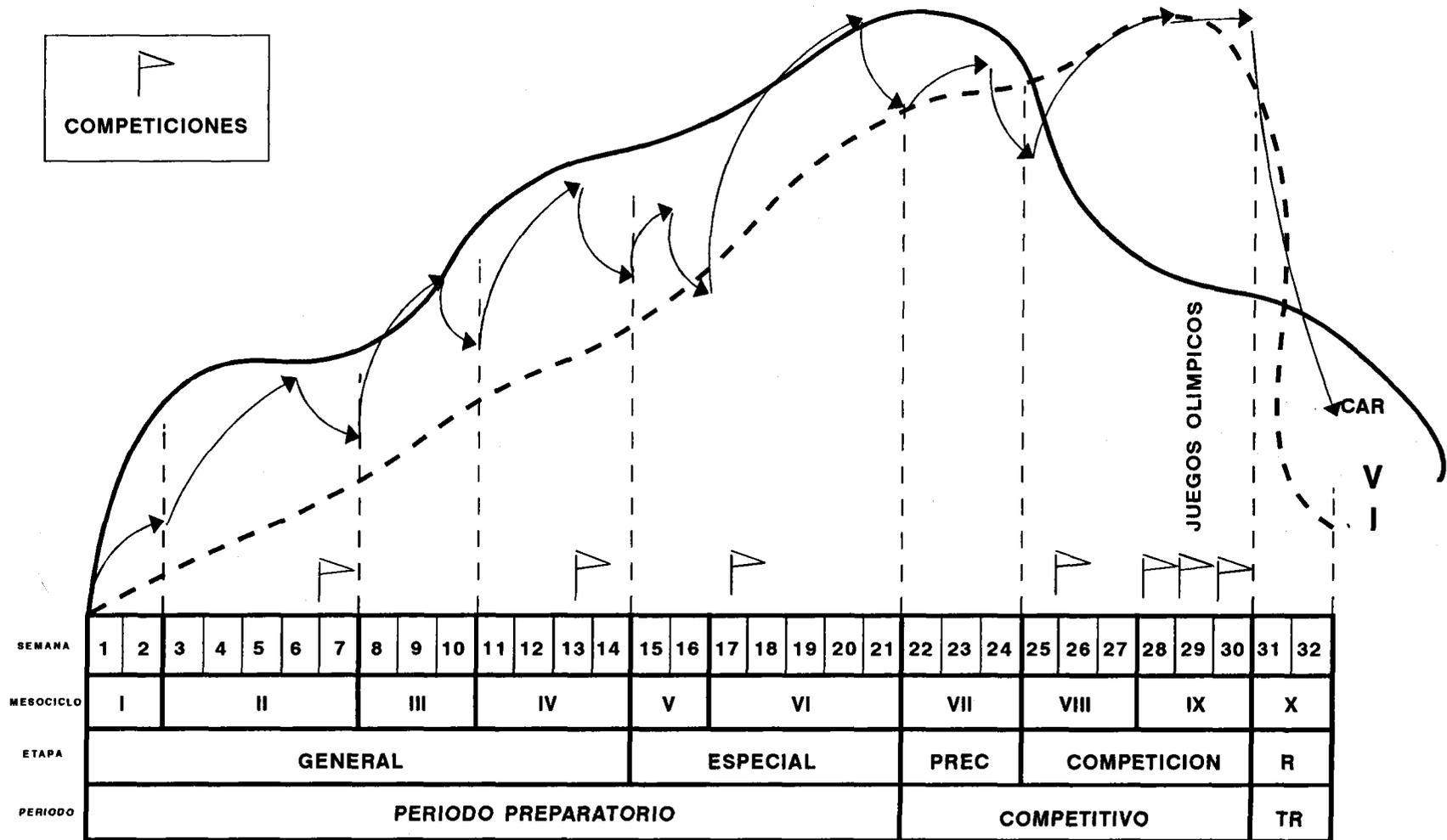


Figura 2.3: Macro ciclo empleado por la Selección Española.

EJERCICIO	GRAL	%	ESPL	%	COMPET	%	TOTAL	%
60			6503.13	61	4143.75	39	10646.8	
90			19231.25	76	5986.25	24	25217.6	
120			3882	73	1415	27	5237	
SENTADILLA	14860	26	29732.5	53	11541.25	21	56133.7	
CUADRICEPS			6487.5				6487.5	
PRENSA					3466		3466	
BICEPS FM	25751.25	71	5212.5	14.5	5212.5	14.5	36156.5	
SALTOS CON	112.63	16	511	72	81.42	12	705	
SALTOS SIN	232.25	26	505.5	56	160.25	18	898.1	
TOTALSALTO	344.9	22	1016.5	63	241.7	15	1603.1	
<b>TOTAL Pns</b>	<b>51295.25</b>	<b>39</b>	<b>63266.25</b>	<b>47</b>	<b>18458</b>	<b>14</b>	<b>133019.5</b>	
ARRANQUE	8696.37	49	3608.12	21	5311.25	30	17615.7	
COMBINADA	4466.25	45	2785	28	2617.5	27	9868.75	
ENVION	12413.38	75	4057.5	25			16470.8	
<b>TOTAL Br.</b>	<b>25576</b>	<b>28</b>	<b>10450.62</b>	<b>24</b>	<b>7928.75</b>	<b>48</b>	<b>43955.4</b>	
ABDOMINAL	2941.25	49	1511.25	24	1628.75	27	6081.25	
ABD. CON	1053.75	51	725	36	262.5	13	2041.25	
LUMBARES	480.63	76	150	24			630.63	
BALÓN MED	421.25	40	355	33	291.25	27	1067.5	
<b>TOTAL GRAL</b>	<b>86735.63</b>	<b>44</b>	<b>78748.13</b>	<b>40</b>	<b>32609.25</b>	<b>16</b>	<b>198093</b>	

Figura 2.4: Resumen de la carga aplicada a la Selección Española durante el Ciclo Olímpico.

### 2.1.1.2. Análisis de la carga empleada en el ciclo.

#### INSERTAR LA FIGURA N° 2.4

Antes de analizar la carga destacaremos, que dentro de la Preparación del Voleibolista, la capacidad de fuerza muscular representa el fundamento más importante de la forma deportiva ya que es la causante directa de los desplazamientos de los jugadores y de la altura que consiguen en sus saltos (remate y bloqueo). La velocidad, base del juego moderno, es una capacidad derivada de la fuerza, lo que justifica la importancia que le damos.

La terminología que utilizamos sigue a Vittori (1990), como vimos en el planteamiento del problema, considerando dos grupos distintos: la Fuerza Activa, compuesta por la expresión dinámica concéntrica, que representa la capacidad contráctil (SBw) y la fuerza explosiva (SJ) y la expresión de Fuerza Reactiva, que a su vez engloba a la fuerza explosivo elástica (CMJ) y la fuerza explosivo-elástica-refleja (DJ)( ver figuras 1.12 y 1.14 del Capítulo 1º). En este tipo de fuerza también incluimos la aportación de los brazos al salto, tan importante en voleibol, representada por el test de Abalakob (ABA) y que es un salto con contramovimiento con la ayuda de los brazos, que Bosco (1990) denomina índice de coordinación.

Para completar el mapa de la fuerza , no sólo es importante la fuerza que aplicamos en un momento determinado del partido, sino las veces que podemos aplicarla sin disminuir su eficacia, lo que vamos a llamar resistencia de fuerza explosiva y resistencia de fuerza reactiva, por lo que diseñamos un sistema novedoso de trabajo para voleibol, basándonos en las diferentes variantes del Entrenamiento Rotativo de Matveev (1983) que conjugan el trabajo

de fuerza con el desarrollo de la capacidad de la vía energética que la sustenta. En la estructura interna de la base de resistencia estuvo la dinámica de los complejos técnico-tácticos, junto al trabajo, en forma de circuito (Entrenamiento Rotativo) con diferentes exigencias en cuanto a la manifestación de fuerza.

El desarrollo de este nuevo sistema de preparación física es la novedad que aplicamos al entrenamiento.

## **2.2. Período Preparatorio.**

### 2.2.1. Estructura y función del Período Preparatorio.

Es la etapa de preparación fundamental (Matveev, 1985) y la unidad más larga del macrociclo de entrenamiento. Permite construir los fundamentos para la ejecución de volúmenes de trabajo específico (motriz, psicológico y táctico), centrando el entrenamiento para la competición.

Tiene como misión crear una base, sobre la que descansa y se edifiquen, los supuestos para el subsiguiente desarrollo de la forma deportiva, por medio de la preparación física general y especial.

El objetivo de esta etapa es mejorar los factores elementales que son la base de estas cualidades físicas. Los ejercicios implicados son los específicos, aunque al principio se pueden utilizar los de preparación general, para después, conforme avanza el período, que se parezcan cada vez más por su estructura y su influencia sobre el organismo a los de la competición. Como período dedicado a la preparación básica, se puede reducir a la

resolución de los siguientes objetivos:

- (a). Elevación del volumen de trabajo con el fin de asegurar la base y la elevación general de las posibilidades funcionales del organismo.
- (b). Renovación de las posibilidades deportivo-técnico-tácticas.
- (c). Comprobación de la forma deportiva por el trabajo, entrenamiento y competiciones subordinadas a los objetivos de la preparación.

Comprende de 15 a 30 semanas, dependiendo del ciclo que utilizemos y del tipo de deporte que sea, así, en deportes de velocidad o fuerza, el período preparatorio es más corto que en los de resistencia. También depende de las posibilidades de adaptación del deportista (tipo somático).

Según la Escuela Polaca y Rusa (donde se denomina de **formación fundamental**), el período preparatorio es un conjunto de mesociclos diferentes. Este período se subdivide en dos grandes etapas denominadas de Preparación General y de Preparación Especial. La primera, por lo común, es más prolongada.

Cada una de ellas tiene sus componentes estructurales que se modifican en el curso del entrenamiento, creando diferentes sistemas de mesociclos. En la primera etapa, Preparación General, son típicos dos mesociclos, el de Introducción y los Básicos de Preparación General. En la segunda etapa, de Preparación Especial, tenemos los Básicos de Preparación Especial. Todos estos nombres se utilizan como términos de trabajo.

INSERTAR LA FIGURA 2.5

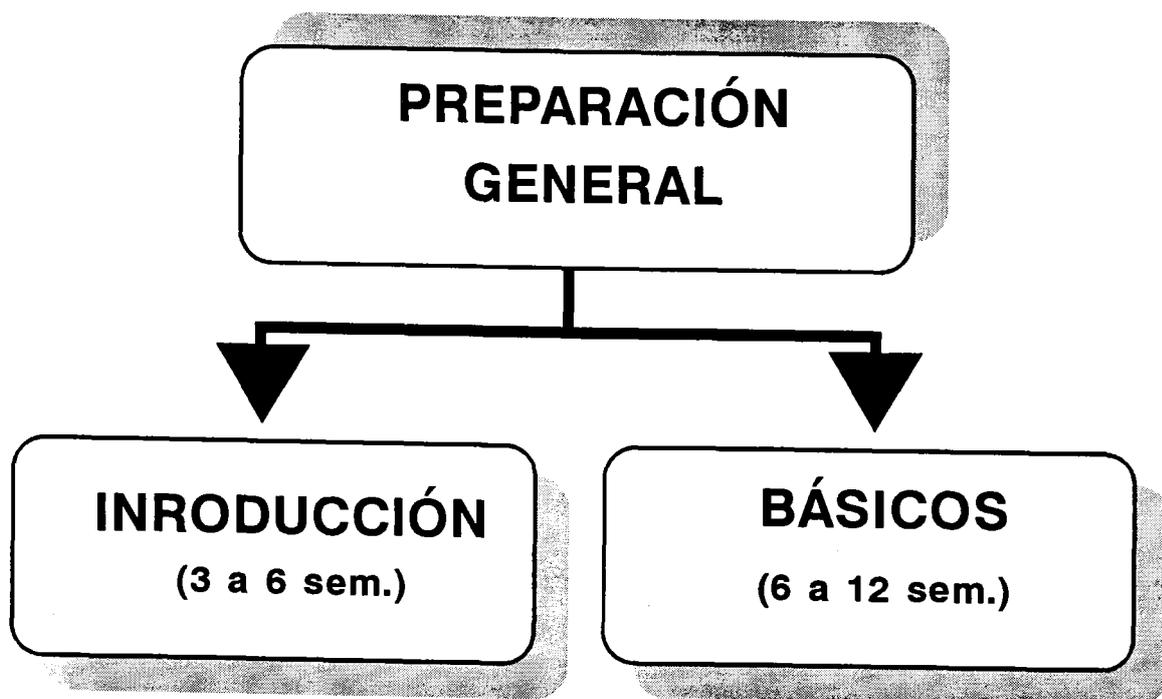
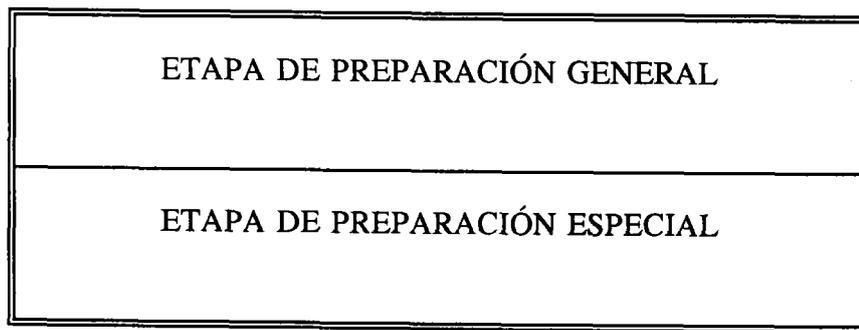


Figura 2.5: Esquema de la estructura de la Etapa de Preparación General.



#### 2.2.1.1. Etapa de Preparación General.

En esta etapa, la carga consagrada a los ejercicios de competición debe mantenerse débil. El objetivo principal es elevar el nivel de aptitud física general del deportista. Se acostumbra al organismo a grandes volúmenes de incitación de los metabolismos aerobios y anaerobios, y de trabajo, para las cualidades de fuerza y velocidad. Una gran parte se basa igualmente en la mejora de las habilidades técnicas.

Por tanto se debe dar:

- (a). Amplia utilización de ejercicios de tipo general.
- (b). En la formación técnico-táctica:
  - (b.1). Conocer y profundizar en las bases teóricas.
  - (b.2). Desarrollar aptitudes y hábitos cinéticos no específicos.
  - (b.3). Conseguir estructurar y perfeccionar cualidades y hábitos técnicos propios.
- (c). Desarrollo del nivel general de las capacidades funcionales del organismo del deportista.

Los trabajos inespecíficos de índole general cumplen un cometido indirecto o de

transferencia en relación a los objetivos finales. Este entrenamiento se debe mover de manera equilibrada en relación al entrenamiento específico dado que tiene efectos positivos y negativos para la especialidad que se practique, por lo que debemos inhibir, dentro de una medida lógica, los efectos negativos y aprovechar las posibilidades de los efectos positivos.

Estos efectos positivos solo se producen entre especialidades afines, con un alto coeficiente de correlación (Zaciorskij y Filipov, año, citados por Hegedüs, año -Stadium 72). Por ejemplo, los procesos internos que desarrolla la carrera continua, a nivel cardiovascular, pueden ser útiles para cualquier disciplina que necesite de estas capacidades, sin embargo el estereotipo dinámico motriz, no es útil para otras secuencias cíclicas como las del ciclismo, el remo, la natación, etc.

#### 2.2.1.1.1. Mesociclo de Introducción.

Tiene un contenido general y se caracteriza por la tendencia gradual al incremento de intensidad, junto con el aumento de volumen (sobre todo) hasta alcanzar los límites adecuados. Inicia el Período de Preparación y con él se comienza la actividad después del Período Transitorio.

El nivel de cargas depende de la adaptación del deportista, de la especialidad deportiva y del carácter de los entrenamientos anteriores. Se puede sustituir en deportistas de alto nivel, comenzando el ciclo directamente con los mesociclos básicos de preparación general.

Su función consiste en introducir y sentar las bases del futuro entrenamiento, con carácter fluido y gradual.

#### 2.2.1.1.2. Mesociclos Básicos de Preparación General.

Son los tipos fundamentales del período preparatorio. En ellos, las cargas fundamentales alcanzan sus valores máximos, se da la mayor cantidad de volumen de entrenamiento y se tiende a ir matizando y aumentando las cargas de forma que lleguen al máximo, por lo que se incrementa el potencial funcional del organismo, produciendo la transformación de las formas anteriormente dominadas. El número de ellos, depende del tiempo de que se dispone, normalmente dos, o más en las etapas de formación, para preparar las competiciones más importantes. Podemos denominar al primero de ellos, de desarrollo y al segundo, de estabilización o consolidación.

Su función consiste en alcanzar los valores máximos del año anterior, buscando la progresiva mejora de las funciones orgánicas.

#### 2.2.1.2. Etapa de Preparación Especial.

El entrenamiento está directamente centrado en el desarrollo de la forma deportiva, lo que se traduce en un incremento de la parte aplicada a los ejercicios dedicados a la preparación específica. Se basa en el desarrollo conjunto, pero le da una gran importancia al incremento de cada uno de los elementos de cada capacidad, con trabajo altamente especializado. Paralelamente se hace hincapié en la técnica de competición. Esto reviste dos aspectos:

- (a). Mejora de la forma y estructura de los movimientos de cara a aumentar la capacidad de rapidez.
- (b). Elaboración del estilo con el fin de mejorar la resistencia específica.

Los ejercicios de competición se hacen frecuentes al final de esta segunda etapa, con el objetivo de integrar, en este ejercicio, el conjunto de adaptaciones funcionales, mentales

y logros motrices, técnicos y tácticos que se han obtenido en el curso del entrenamiento anterior. Se pasa de un trabajo específico por capacidades a uno integrado por gesto de trabajo.

Este nivel de habilidades biomotoras, se asegura mientras se mantiene el nivel de preparación física general, adquirido anteriormente. Esta es una condición necesaria para proseguir la mejora del nivel de entrenamiento. Para ello, se emplean ejercicios generales, lo más parecidos posibles a los de preparación especial.

En la etapa de preparación especial, existe una evidente reducción del volumen y la duración de los estímulos de entrenamiento, para dar paso a la intensidad por los siguientes factores:

- 1º. Por el cambio de trabajo, que hace imposible mantener ambos elementos de la carga (volumen e intensidad) al mismo nivel.
- 2º. Para no crear influencias negativas a la hora de adquirir la forma competitiva.
- 3º. Para crear una amplia supercompensación con vistas al comienzo de las competiciones.

#### 2.2.1.2.1. Mesociclos Básicos Especiales.

Con anterioridad ya hemos alcanzado el mayor volumen de entrenamiento, ahora tratamos de mantenerlo, o de reducirlo si se ve que afecta a la intensificación de las cargas.

Se comienza la disposición hacia el estado de forma óptimo, en relación con la cantidad de trabajo realizado. Son el enlace entre los mesociclos básicos y los de competición. El trabajo se combina con la participación en una serie de competiciones de control.

Su función consiste en matizar los aspectos específicos del entrenamiento que más

van a influir en la siguiente etapa, mediante controles y test, donde se valora la eficacia del trabajo realizado, introduciendo modificaciones si es preciso.

## INSERTAR FIGURA 2.6

### 2.2.2. Descripción de los test empleados y el protocolo.

Una vez conocidas las capacidades a desarrollar, buscamos y preparamos una serie de técnicas objetivas que nos permitieran evaluar estas capacidades del sistema deportista, dándonos a su vez indicaciones para su desarrollo. A este tipo de pruebas se les conoce como pruebas de ejecución o tests motores, en este caso de fuerza dinámica.

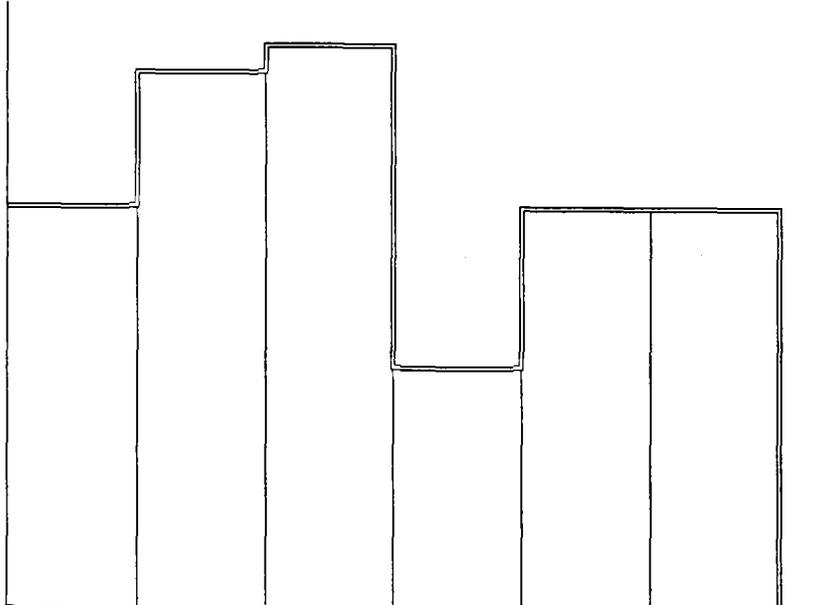
Estas técnicas de evaluación tienen que estar estructuradas, o sea, controlar todas las variables que pueden incidir en la evaluación, y además ser objetivas, que el sujeto no pueda manipular la respuesta. También deben ser aplicables en condiciones normalizadas y acordes a criterios científicos. El objetivo es ofrecer indicaciones cuantitativas acerca del grado de manifestación de cada una de estas capacidades de forma que se puedan establecer premisas uniformes para permitir comparaciones inter e intraindividuales, para lo que tienen que cumplir una serie de criterios de entre los que podemos resaltar: *Objetividad, confiabilidad, validez y sensibilidad.*

#### 2.2.2.1. Batería de pruebas de ejecución de fuerza dinámica.

La batería contiene un calentamiento inicial de 22 minutos, diseñado por el entrenador y las pruebas que se dan en el orden indicado, pasando de una a otra con un minuto de descanso. El protocolo es siempre el mismo para cada sujeto.

Carga

100  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0



CORR	CHOQ	CHOQ	REST	CORR	CORR
-----BASICO DESARROLLADOR-----				-ESTABILIZADOR-	
<<-----PREPARACION GENERAL----->> ]					

Figura 2.6: Mesociclos Básicos de Preparación General.

#### 2.2.2.1.1. Calentamiento.

- (a). Cinco minutos de lubricación articular.
- (b). Cinco minutos de carrera continua.
- (c). Cinco minutos de amplitud de movimientos.
- (d). Cinco minutos de velocidad: cinco series de veinte metros al setenta y cinco por ciento.
- (e). Dos minutos de relajación.

#### 2.2.2.1.2. Preparación y Ajuste del material.

La preparación para todas las pruebas de ejecución es la misma y se realiza al inicio del protocolo, volviéndose a calibrar el goniómetro al final de la batería.

En un lugar despejado se coloca una alfombrilla de presión de sesenta por sesenta centímetros. Al sujeto se le instala un goniómetro electrónico colocado en su rodilla derecha y fijado a la pierna por medio de palancas de anclaje, regulables en presión por medio de cinta adhesiva de manera que no se mueva durante la prueba. El lugar de colocación es importante para que el goniómetro mida correctamente.

Se coloca al jugador de pie de forma que el goniómetro mida  $180^\circ$ . A continuación se traza una línea imaginaria uniendo el trocanter mayor, la cabeza del peroné y el maléolo peroneo externo del mismo, que previamente han sido localizados en la pierna derecha del jugador. Una vez realizado se coloca el goniómetro manual en esa línea y se comprueba que la angulación es de  $180^\circ$ . A continuación realiza una flexión de  $90^\circ$  y se vuelve a comprobar con el goniómetro manual.

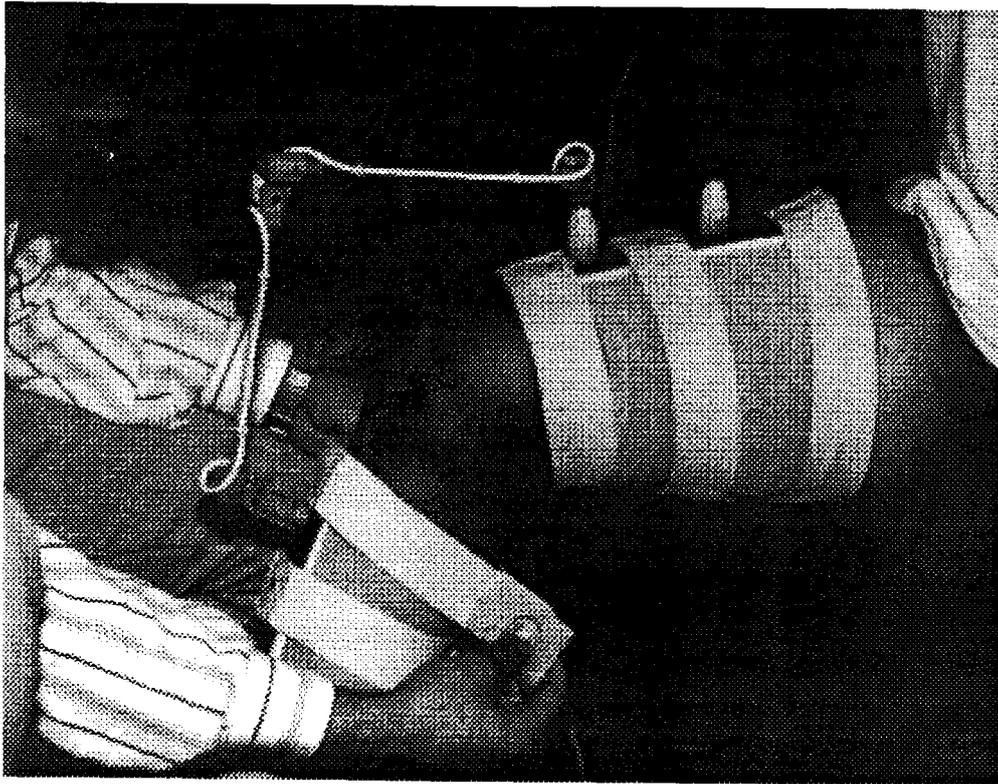


Figura 2.7. Colocación del Goniómetro Electrónico

### 2.2.2.1.3. Material.

El material para todo el protocolo es el mismo, la diferencia está en los movimientos que realiza el jugador en cada prueba, y en el caso de la curva de fuerza-velocidad la sobrecarga que tiene que desplazar.

2.2.2.1.3.1. Goniómetro electrónico y manual.

2.2.2.1.3.2. Plataforma de Presión interruptor.

2.2.2.1.3.3. Tarjeta DT-2801A y Microordenador Toshiba T-3200 portátil.

2.2.2.1.3.4. Material auxiliar. Hoja de recogida de datos.

2.2.2.1.3.5. Barra y discos de halterofilia y soportes.

### 2.2.2.1.3.1. Goniómetro Electrónico IBv.

#### (a). Fundamento del sistema de medición.

El fin del goniómetro es medir ángulos entre los segmentos que se unen en las diferentes articulaciones.

El sistema empleado para medir se basa en la relación que muestra la Ecuación 6, que pasamos a explicar.

E.6

$$\sigma = \Sigma\beta$$

Donde  $\sigma$  es el ángulo que deseamos conocer y  $\beta$  los ángulos que forman los potenciómetros como muestra la figura 2.8.

Supongamos una articulación  $O$ , con los segmentos  $OA$  y  $OB$  que confluyen en ella. Siguiendo la ecuación 7, si somos capaces de medir los ángulos  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$ , podemos conocer el ángulo  $\sigma$  a través de ella. Este sistema es el que emplea la goniometría y está representado en la figura 2.8.

E.7.

$$\sigma = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$$

Donde  $\sigma$  es el ángulo que deseamos conocer y  $\beta$  los ángulos que forman los potenciómetros como muestra la figura 2.8.

Mediante tres potenciómetros de alta precisión  $G_1$ ,  $G_2$  y  $G_3$  se calculan los ángulos  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  y el sistema mediante circuitos interiores, calcula el ángulo  $\sigma$ , que es el que nos interesa.

INSERTAR LA FIGURA 2.8

(b). Ángulo interior, exterior y ángulo de referencia.

Llamamos ángulo interior al que se encuentra en la parte de la articulación donde se sitúa el goniómetro, en la figura 2.9 está representado por el símbolo  $\phi$  y el ángulo exterior al que queda en la parte opuesta, en la figura 2.9 representado por  $\mu$ .

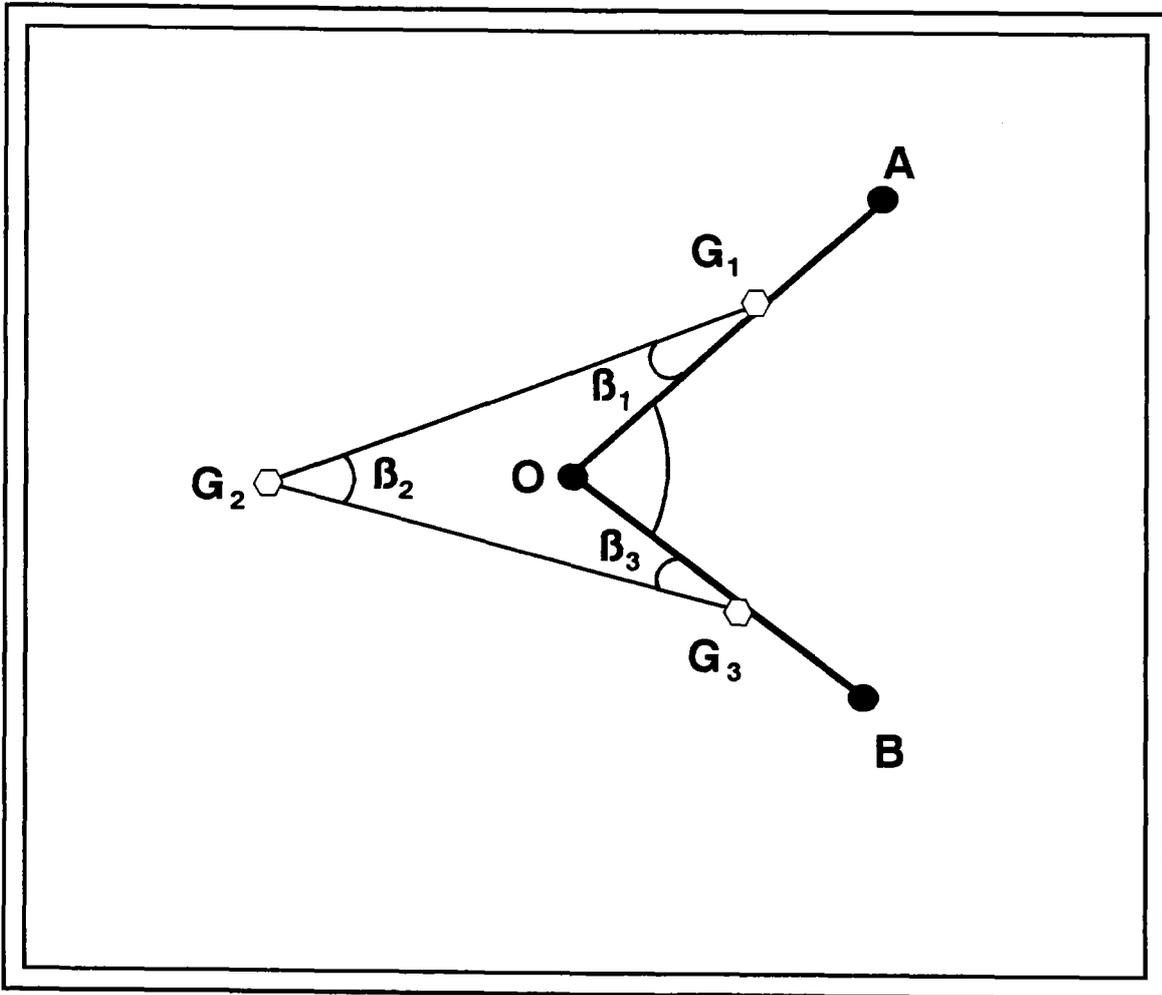


Figura 2.8: Sistema de medida empleado en el Goniómetro IBv.

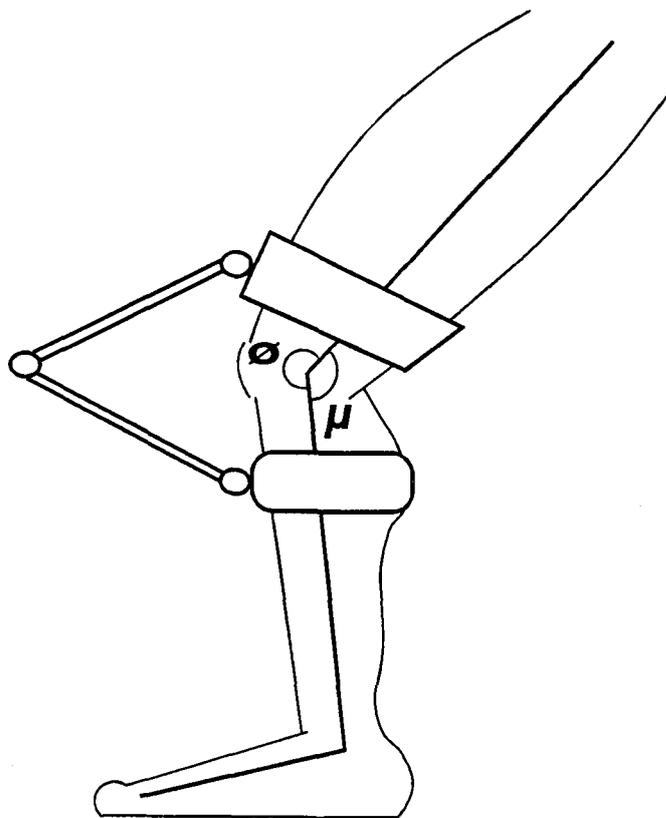


Figura 2.9: Representación del ángulo interior y exterior.  
El ángulo interior lo hemos representado por  $\varnothing$  y el exterior por  $\mu$ .

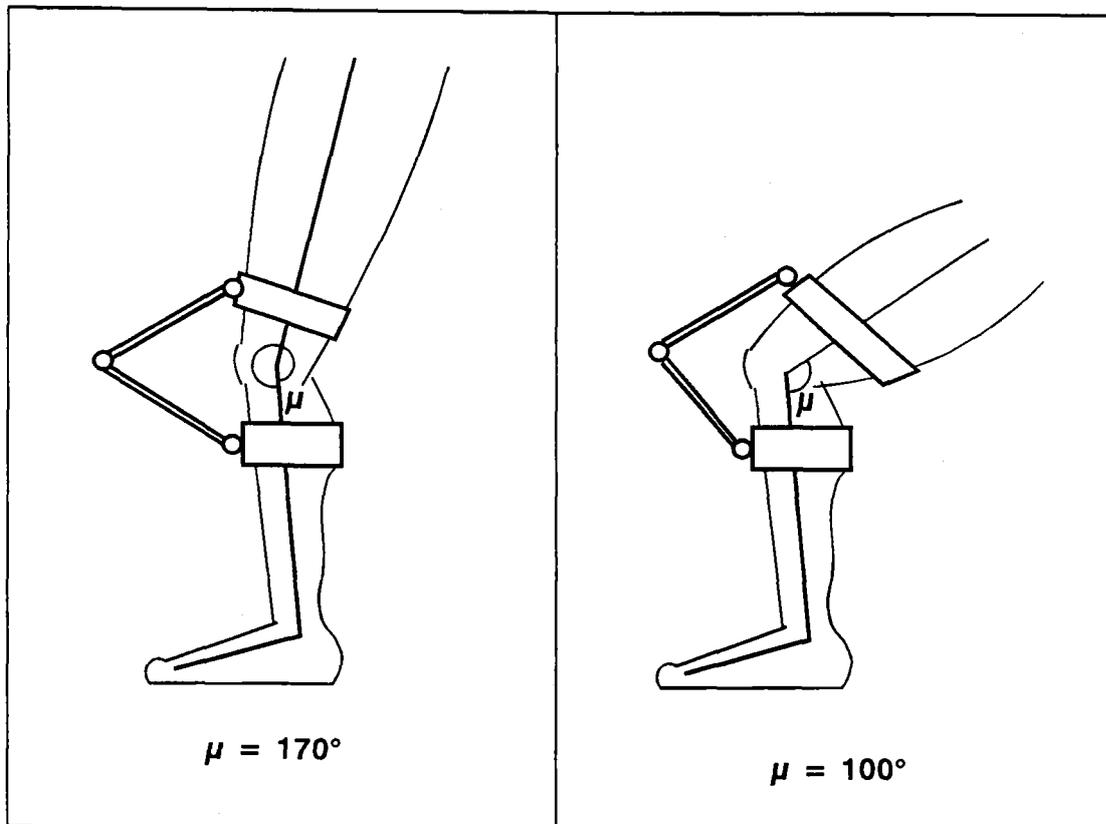


Figura 2.10: Sentido angular exterior positivo, que utilizamos en las mediciones.

Denominamos ángulo de referencia, a un valor angular que fijamos arbitrariamente y que corresponde a una posición concreta de la articulación, que nos sirve como punto, a partir del cual, comenzamos a medir angulaciones. A este punto se le puede dar cualquier valor, aunque normalmente se anota como 0 ó 180, nosotros optamos por coger 180°. Si queremos el ángulo exacto de la articulación, tendremos que hallarlo primero antropométricamente y luego validarlo con un goniómetro manual.

El ángulo de referencia y el tipo dependen del crecimiento que queramos que determine el display. Estas combinaciones nos dan cuatro formas diferentes de medir un ángulo, de la que nosotros escogimos el sentido angular exterior positivo, tal y como aparece en la figura 2.9.

INSERTAR FIGURA 2.10

(c). Descripción del equipo.

El equipo aparece descrito gráficamente en la figura 2.11. Y dentro de él podemos destacar algunas funciones:

INSERTAR LA FIGURA 2.11

(c.1). Amplitud del display.

El display puede oscilar entre los valores: -199.9 y 199.9, si se sale de ese rango la señal se desborda y aparece en pantalla un *-1. o un 1.* (cosa que no ocurre cuando la señal la trasladamos al ordenador). Para evitar la pérdida de señal, se debe elegir un buen ángulo

de referencia y un buen sentido de medida, nosotros escogimos un ángulo de referencia de  $180^\circ$  y el sentido angular exterior positivo.

### (c.2). Conexión.

Permite la conexión de seis goniómetros simultáneos, mediante los conectores *DIN* de cinco conexiones (figura 2.11) situados en la parte trasera del equipo. Las conexiones de alimentación se intercambian en función del sentido positivo o negativo de la medición.

### (c.3). Ajustes .

#### (c.3.1). Para la ganancia angular del display.

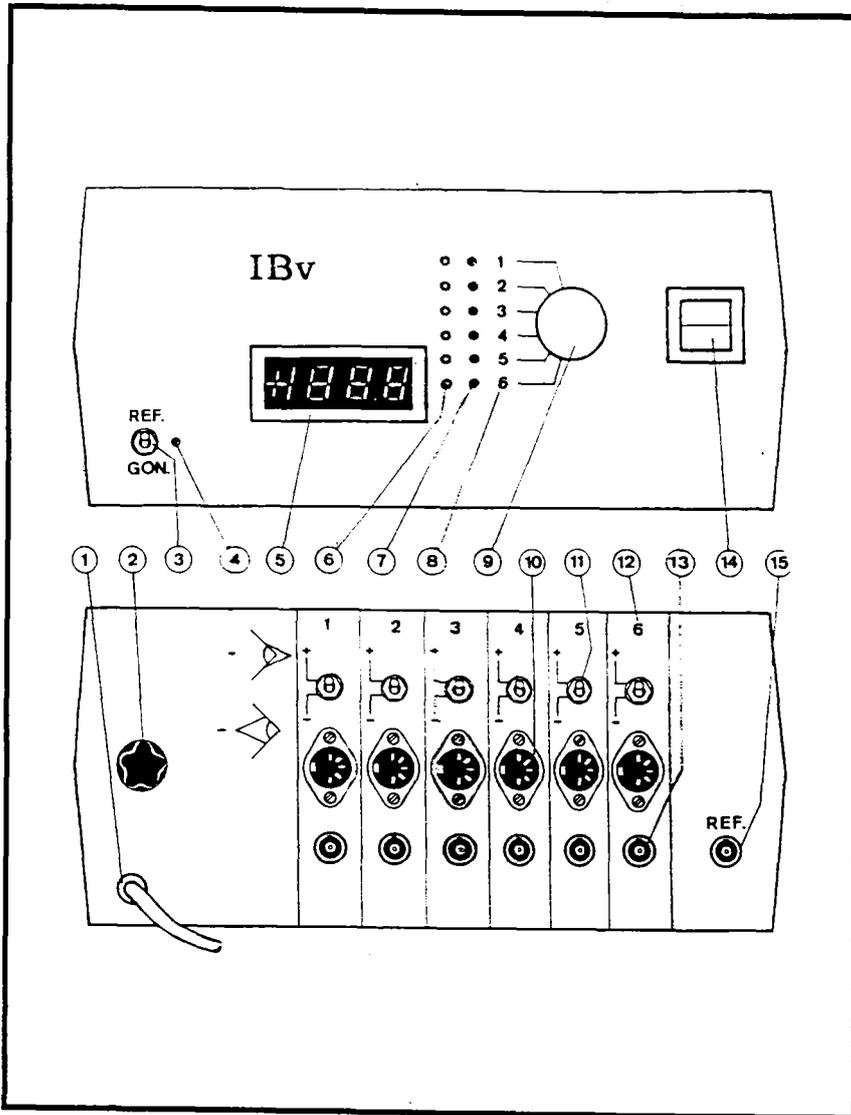
Se regula mediante el tornillo que se encuentra al lado del conmutador n° 3 (figura 2.11), que se debe encontrar en la posición *REF*. Cuando hagamos el ajuste, el display debe ofrecer un valor de 100.0.

#### (c.3.2). Para el ángulo de referencia.

El ángulo de referencia se modula con los tornillos, que en la figura 42 aparecen con el número 7. Se debe realizar en las mismas condiciones en las que se llevará a cabo el análisis del movimiento. Se coloca al jugador en la posición de referencia que se quiere ajustar y mediante el tornillo 7 se ajusta en el display el valor de referencia.

#### (c.3.3). Para el sentido de ganancia.

Se selecciona en la parte de atrás y depende del ángulo que queramos medir (interior



1. Cable de conexión.
2. Fusible.
3. Selector de ajuste de Display.
4. Tornillo de ajuste de Display.
5. Display.
6. Indicador luminoso Canal
7. Tornillo de ajuste ángulo de referencia.
8. Indicador canal panel delantero
9. Selector de canal visual.
10. Conectores DIN para goniómetro.
11. Selector de sentido angular.
12. Indicador canal panel trasero.
13. Conector BCN a tarjeta.
14. Interruptor general.
15. Conector BCN tensión referencia.

Figura 2.11: Esquema de mandos, conexiones e indicadores

o exterior) teniendo en cuenta los valores que desbordan al display.

(d). Error.

El error que muestra el sistema es del  $\pm 2\%$  y en cuanto al display la casa ofrece un valor de  $\pm 0.1$  grados.

2.2.2.1.3.2. Plataforma de Presión-Interruptor.

Se trata de un sistema para medir el salto vertical cogiendo como señal el tiempo de suspensión, a partir del cual obtenemos la elevación del centro de gravedad. Es una alfombrilla que detecta los cambios de presión a los que se le somete. Estos cambios de presión actúan como interruptor, encendiendo y apagando, una señal eléctrica que, por medio del panel de conexiones se introduce en el computador como una señal TTL y que conectada al reloj interno nos permite medir, a la milésima, el tiempo de vuelo. Este aparato es igualmente capaz de detectar, en el caso de saltos repetidos, los tiempos de contacto y de vuelo sucesivos.

2.2.2.1.3.3. Tarjeta DT-2801A y Microordenador Toshiba T-3200 portátil.

Desde la alfombrilla interruptor se estableció una comunicación cableada hacía un Canal Analógico/Digital (A/D) del Panel de Conexiones de la tarjeta convertidora DT-2801A, la cual actuó como interface. Los componentes de esta tarjeta eran los siguientes: a) El Convertidor Analógico-Digital (A/D), consistente en un dispositivo de entrada, cuya misión era transformar y transportar señales eléctricas en formato binario para su interpretación por el ordenador; b) el Reloj Programable, que sincronizaba la lectura o escritura a alta

velocidad, y que se componía de un núcleo de cuarzo que permitía trabajar a una frecuencia máxima de 27.500 Hertzios; c) La Unidad Lógica de Control, que dirigía, sincronizaba y controlaba el sistema, interpretando las diferentes instrucciones recibidas. Esta tarjeta adquiría la señal y la traspasaba al ordenador, un Toshiba portátil AT. La tarjeta se encontraba externa al ordenador.

#### 2.2.2.1.4. Adquisición y análisis de los datos.

Todo el proceso de adquisición de datos de la tarjeta DT-2801A estaba controlado por un software de control (ASYSTANT+), del cual se seleccionó la opción de alta velocidad (high speed recorder) para la adquisición de registros, programado con una frecuencia de 3000 Hertzios por canal y una duración de tres segundos para cada registro. La adquisición se ponía en marcha de forma manual por medio de la tecla interruptor situada en el teclado del ordenador. A partir de aquí, se recoge la señal TTL procedente de la plataforma de presión que interrumpe dicha señal cuando se presiona, lo que permite conocer en que momento comienza y termina el vuelo del atleta.

INSERTAR LA FIGURA 2.12

Los cálculos del tiempo de vuelo se realizaban midiendo en pantalla, la diferencia en milisegundos entre la desaparición y aparición de la señal, la figura 2.12 representa la pantalla que refleja un ensayo concreto. Por medio de un posicionador interno del programa, que nos indica donde comienza la señal y donde termina.

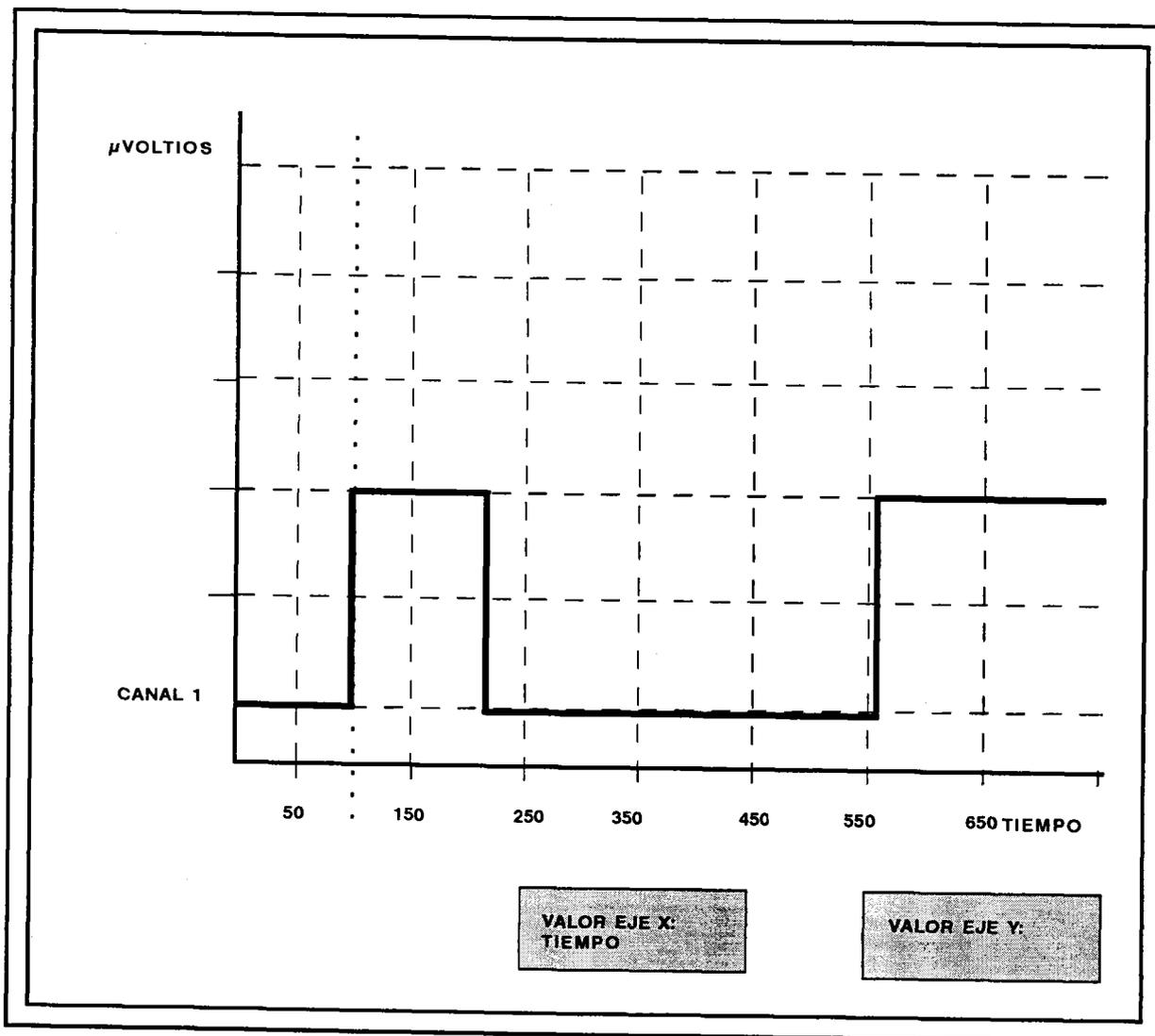


Figura 2.12: Representación esquemática de un ensayo en la pantalla del ordenador.

Para la obtención de la altura del salto a partir del tiempo de vuelo se aplicó la fórmula que aparece en la ecuación E.8:

E-8

$$HCg = \frac{(t/2)^2 * g}{2}$$

Donde HCg es la altura del Centro de Gravedad, t es el tiempo de vuelo y g es la aceleración de la gravedad.

El tratamiento estadístico se realizó introduciendo los datos y aplicando el programa de análisis del paquete estadístico Microstat.

2.2.2.1.5. Salto vertical o detente. Squat Jump (SJ). (ver figura 2.13,a)

(a). Capacidad motriz principalmente requerida: Fuerza explosiva concéntrica de los músculos extensores de las piernas.

(b). Protocolo:

(b.1). Posición Inicial. El jugador se coloca de pie, sobre la alfombrilla de presión, con los pies colocados paralelos, o con las puntas ligeramente hacia fuera y separados la anchura de las caderas. Las manos se colocan en la cintura, de forma que no puedan impulsar y de esta manera ayudar al movimiento.

(b.2). Ejecución. El sujeto se coloca derecho, y va flexionando las piernas hasta que estas alcanzan una flexión de 90 grados (medidos por el goniómetro electrónico colocado en su rodilla derecha), la mantiene durante un segundo y salta hacia arriba tratando de llegar lo más alto posible, sin separar las manos de las caderas.

Descansa un minuto y lo repite hasta que se estabiliza la línea base, normalmente se realizan dos intentos y no más de diez.

INSERTAR FIGURA 2.13

2.2.2.1.6. Contramovimiento (CMJ).(ver figura 2.13,b)

(a). Capacidad motriz principalmente requerida: Fuerza Explosivo Elástica.

(b). Protocolo.

(b.1). Posición inicial. El Jugador se coloca de pie, sobre la alfombrilla de presión, con los pies colocados paralelos, o con las puntas ligeramente hacia fuera y separados la anchura de las caderas. Las manos se colocan en la cintura, de forma que no puedan impulsar y de esta manera ayudar al movimiento.

(b.2). Ejecución. El sujeto se coloca derecho, y flexiona las piernas hasta que estas alcanzan una flexión de 90 grados (medidos por el goniómetro electrónico colocado en su rodilla

derecha). En este test se le da un margen de más menos 5 grados), esta bajada al contrario que la del test anterior, es rápida para aprovechar los componentes elásticos del músculo, y salta hacia arriba tratando de llegar lo más alto posible, sin separar las manos de las caderas.

Descansa un minuto y lo repite hasta que se estabiliza la línea base, normalmente se realizan dos intentos y no más de diez.

2.2.2.1.7. Contramovimiento con acción de brazos. Test de Abalakob (ABA). (ver figura 2.13,c)

(a). Capacidad motriz principalmente requerida: Fuerza Explosivo Elástica y la capacidad de coordinación del tren inferior con la utilización de los brazos.

(b). Protocolo.

(b.1). Posición inicial. El deportista se coloca de pie, sobre una alfombrilla de presión, con los pies colocados paralelos, o con las puntas ligeramente hacia fuera y separados la anchura de las caderas al igual que en el test anterior. Las manos se colocan extendidas en los costados, sin agarrar a la cintura, de forma que en el momento oportuno puedan impulsar y de esta manera ayudar al movimiento.

(b.2). Ejecución. El jugador se coloca derecho, normalmente los jugadores de voleibol, en la fase de bajada, llevan los brazos hacia atrás, simulando la primera fase del remate, y flexiona las piernas hasta que estas alcanzan una flexión de 90 grados (medidos por el goniómetro electrónico colocado en su rodilla derecha). También se le da un margen de más menos 5 grados, esta bajada al igual que en el CMJ es rápida para aprovechar los componentes elásticos del músculo, y salta hacia arriba tratando de llegar lo más alto

posible, llevando los brazos hacia delante y arriba tratando de transferir su aceleración al gesto global.

Se miden la altura del salto y el tiempo de impulso. Descansa un minuto y lo repite hasta que se estabiliza la línea base, normalmente se realizan dos intentos y no más de diez.

#### 2.2.2.1.8. Dropjump (DJ).

(a). Capacidad motriz principalmente requerida: Fuerza explosivo elástico refleja.

(b). Protocolo.

(b.1). Posición inicial. El jugador se coloca frente a la alfombrilla de presión, con los pies paralelos y separados la anchura de las caderas. Las manos se colocan en la cintura de manera que no puedan impulsar y de esta forma ayudar al movimiento (ver figura 2.13,c).

(b.2). Ejecución. Desde esta posición salta para caer en la alfombrilla flexionando las rodillas cuando la toca, hasta que estas alcanzan la angulación deseada, medida por el goniómetro y reflejada en una pantalla colocada frente al sujeto y el experimentador (se da un margen mayor de  $\pm 10$  grados) y una vez conseguida, sin detenerse, salta hacia arriba (para aprovechar los componentes elásticos del músculo), tratando de llegar lo más alto posible, sin separar las manos de las caderas y vuelve a caer en la alfombrilla.

Descansa un minuto y lo repite hasta que se estabiliza la línea base, normalmente se realizan dos intentos y no más de diez.

#### 2.2.2.1.9. Curva de fuerza velocidad con SJ.

Consiste en realizar el test de Squat Jump con sobrecargas progresivamente crecientes en función del peso corporal del atleta, relacionando la sobrecarga que desplaza con la altura

de salto que consigue.

(a). Capacidad motriz principalmente requerida: Capacidad contráctil y Fuerza explosiva concéntrica de los músculos extensores de las piernas.

(b). Preparación: Además de la alfombrilla de presión y el goniómetro, hacen falta: una barra de halterofilia, con sus correspondientes discos, (hasta completar el peso del voleibolista) y dos soportes para la barra, de forma que ésta esté entre cinco y diez centímetros por debajo de los hombros del jugador cuando este está en posición erguida.

(c). Protocolo.

(c.1). Posición inicial. El jugador se coloca entre los soportes y coloca los hombros bajo la barra, levantándola a continuación. Dando un paso hacia delante o hacia atrás (depende del jugador) se coloca sobre la alfombrilla de presión, con los pies colocados paralelos, o con las puntas ligeramente hacia fuera y separados la anchura de las caderas. Las manos están cogiendo la barra por fuera de los hombros de forma que tampoco en este test pueden ayudar a la impulsión del salto.

(c.2). Ejecución. El sujeto se coloca derecho, y va flexionando las piernas hasta que estas alcanzan una flexión de 90 grados (medidos por el goniómetro electrónico colocado en su rodilla derecha), la mantiene durante un segundo y salta hacia arriba tratando de llegar lo más alto posible.

Descansa un minuto y lo repite hasta que se estabiliza la línea base, normalmente se realizan dos intentos y no más de diez, caso de no estabilizarse se interrumpe el test.

Una vez realizado con un peso, se pasa al siguiente con el mismo protocolo y así sucesivamente hasta alcanzar la sobrecarga máxima. Las sobrecargas que empleamos con los jugadores de la selección estaban colocadas en función al tanto por ciento de su peso

corporal: 25%, 50%, 75% y 100%.

#### 2.2.2.1.10. Prueba de resistencia de fuerza de fuerza explosiva.

Es un test para valorar la potencia láctica durante la realización de una serie ininterrumpida de saltos efectuados a la máxima intensidad durante sesenta segundos.

(a). Capacidad motriz principalmente requerida: Resistencia de la fuerza explosivo-elástica.

(b). Protocolo.

(b.1). Posición inicial. El jugador se coloca de pie sobre la alfombrilla de presión, con los pies ligeramente paralelos o con las puntas ligeramente hacia fuera y separados la anchura de las caderas. Las manos se colocan en la cintura, de forma que no puedan impulsar y de esta forma ayudar al movimiento.

(b.2). Ejecución. El sujeto se coloca derecho y flexiona las piernas hasta que estas alcanzan una flexión de noventa grados ( $\pm 10^\circ$ ). Esta bajada es rápida para aprovechar los componentes elásticos del músculo, y salta hacia arriba tratando de llegar lo más alto posible, sin separar las manos de las caderas.

Cuando cae en la alfombrilla, sin detenerse vuelve a realizar otro salto, flexionando siempre las piernas hasta los noventa grados ( $\pm 10^\circ$ ) y así sucesivamente, realiza el mayor número posible de saltos con la máxima intensidad, para alcanzar la máxima altura en cada uno, durante sesenta segundos.

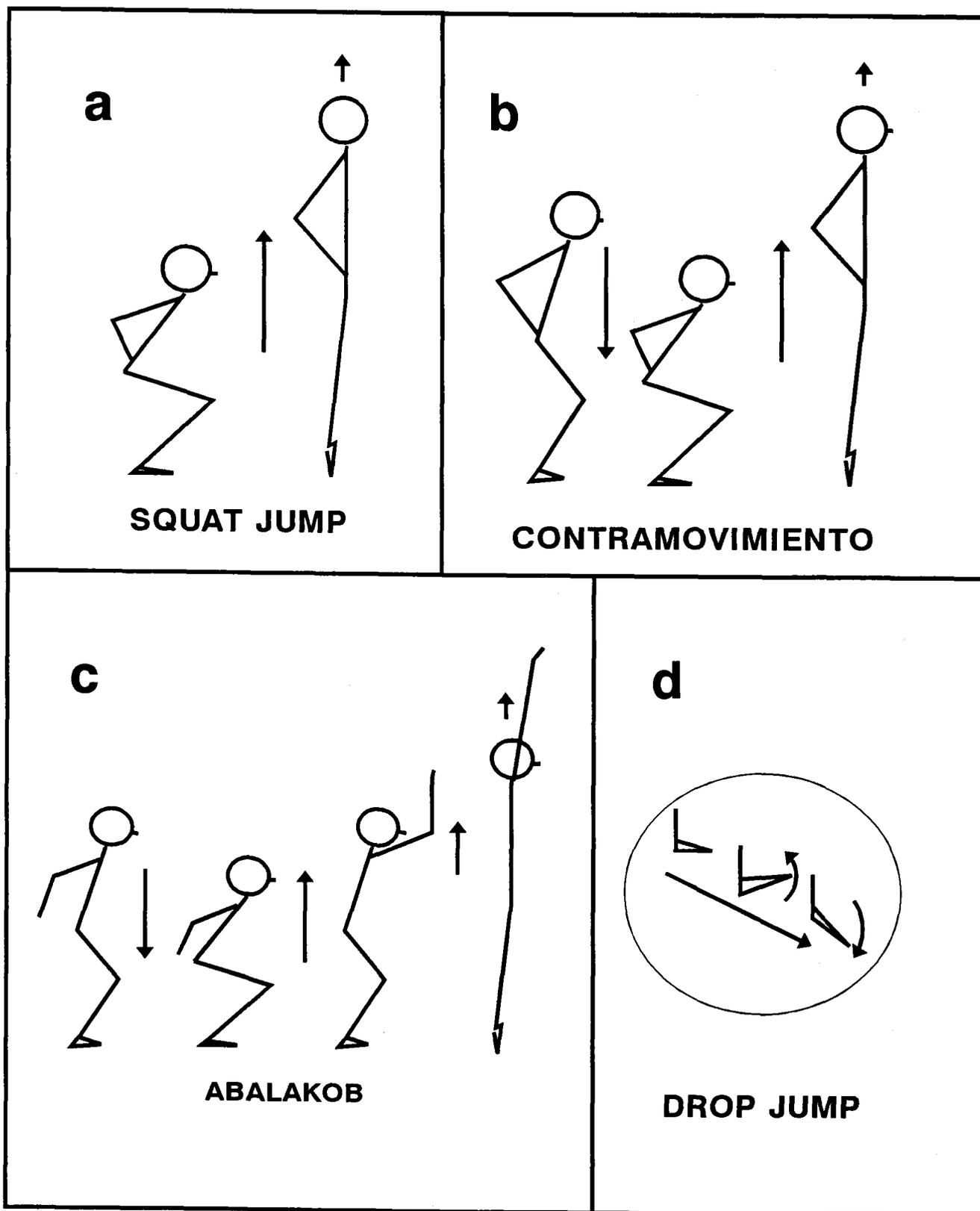


Figura 2.13: Esquema de los diferentes tipos de saltos.

### 2.2.3. ESTUDIO 1º: Análisis de los resultados del Período de Preparación General.

En esta etapa habíamos planteado que la Selección Española Masculina de Voleibol tenía necesidad de un trabajo orientado hacia una Preparación Física General Específica para el jugador de voleibol, conjugándola con la preparación especial de los voleibolistas de alto rango, y esto se debía reflejar en los test.

Para el mes de Abril (día 3), en pleno apogeo de la preparación general , se planificó el primer control con la batería de test diseñada para la Selección Olímpica.

#### 2.2.3.1. Método: Sujetos.

En este primer control participaron los nueve componentes de la selección que estaban en régimen de concentración en Granada: Juan Carlos Robles, Rafael Pascual, Jesús Sánchez, Francisco Hervás, Ángel Alonso, Venancio Costa, José Miguel Maroto, Ernesto Rodríguez y Héctor López.

#### 2.2.3.2. Diseño.

Para este estudio realizamos la batería de test descrita en el apartado 2.2.2, en la última semana de la etapa de preparación general, justo antes de marcharse de gira, a participar en el Torneo Internacional del COOB'92 (Barcelona), el bilateral España-Canadá (Extremadura), el Torneo Internacional Deutschland Cup (Alemania) y el Torneo Internacional Cuatro Naciones (Suiza).

### 2.2.3.3. Desarrollo.

Los test se realizaron en un día a toda la selección, en la Sala de Musculación de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (FCAFD) de la Universidad de Granada.

Los jugadores fueron citados de forma individual, con media hora de diferencia, ya que la realización de los test tenía una duración aproximada de veinte minutos.

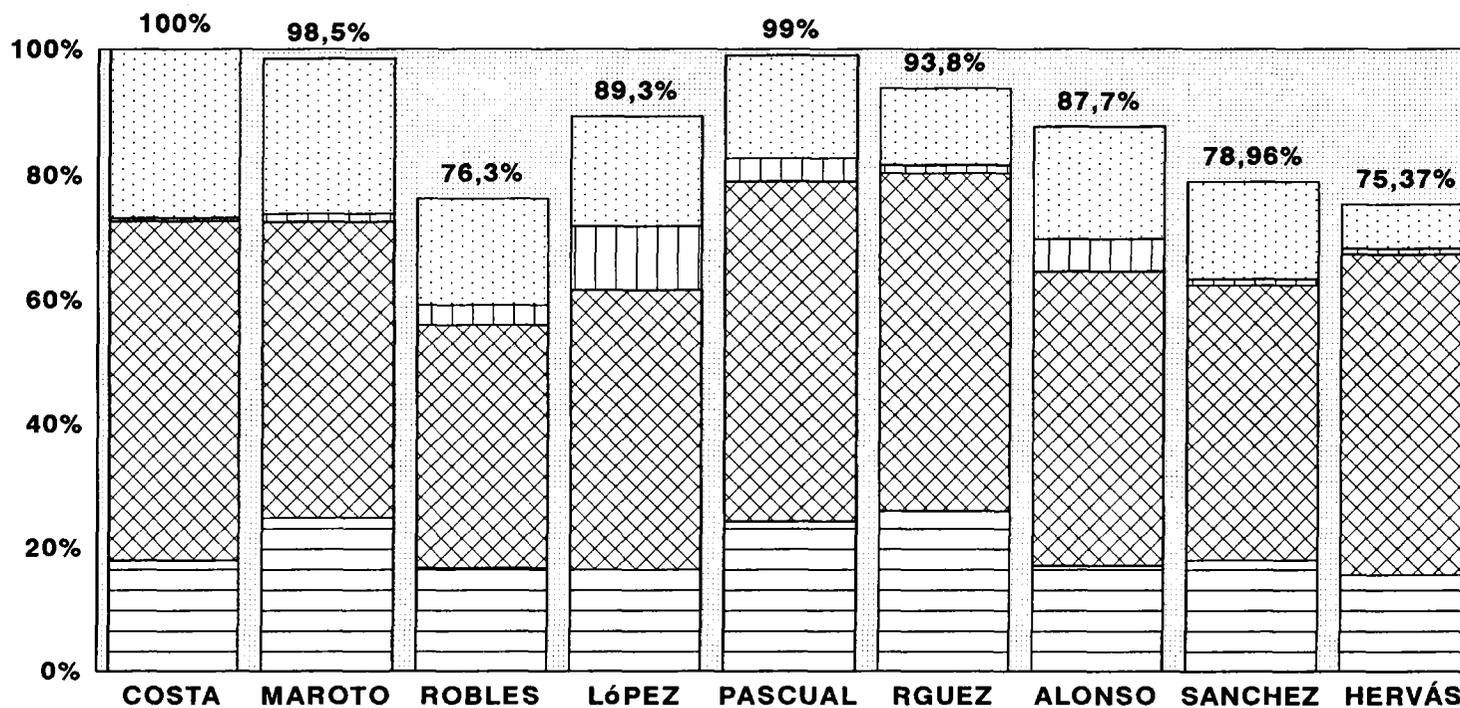
Al llegar se vestían con ropa deportiva y se ponían a las ordenes del segundo entrenador, D. José Díaz, y realizaban el calentamiento descrito en el apartado 2.2.2.1.1, en las instalaciones de la FCAFD. A continuación pasaban a la Sala de Musculación, donde el entrenador, D. Gilberto Herrera, el médico de la Selección, Dr<sup>a</sup> Vallejo y yo, teníamos preparado el dispositivo para realizar los test.

En primer lugar se les recordaba en que consistía la batería de test y la importancia para que el resultado reflejara su estado de forma actual, de que todos los saltos fueran máximos.

A continuación se les colocaba el goniómetro electrónico en la rodilla derecha y comenzaban la prueba tal y como se ha descrito en el apartado 2.2.2.1, comenzando con el Squat Jump y finalizando con el test de Resistencia de Fuerza Explosiva, llamado por los jugadores *el test del minuto*.

Una vez finalizada la batería, realizaban diez minutos de elasticidad y soltura y se marchaban a la ducha.

# SELECCIÓN ESPAÑOLA



	COSTA	MAROTO	ROBLES	LÓPEZ	PASCUAL	RGUEZ	ALONSO	SANCHEZ	HERVÁS
A. Brazos	26,8%	24,6%	17,1%	17,4%	16,3%	12,2%	17,9%	15,6%	7,1%
C. Elástica	0,5%	1,3%	3,2%	10,3%	3,7%	1,3%	5,2%	0,96%	0,97%
F. Explosiva	54,8%	47,8%	39,3%	45,2%	54,8%	54,4%	47,5%	44,4%	51,7%
C. Contráctil	17,9%	24,8%	16,7%	16,4%	24,2%	25,9%	17,1%	18%	15,6%

3 de Abril de 1992

C. Contráctil
  F. Explosiva
  C. Elástica
  A. Brazos

Figura 2.14: Distribución de la fuerza en los jugadores de la Selección durante la etapa General.

#### 2.2.3.4. Resultados.

En la tabla resumen de la Selección Española (Figura 2.14) podemos ver que el mayor despegue, altura total, corresponde a 54.21 cm (diferencia de alturas del centro de gravedad), obtenidos como media, en el test de Abalakob y el índice de fuerza velocidad es de 25.58%, solamente superior a los maratonianos, 22.2% y corredores de largas distancias 20.5%, según expresa Bosco (1991). El índice de elasticidad arroja un porcentaje catalogado como *Bajo*, 4%, cuando un índice *bueno* se sitúa por encima de 10 y Bosco (1991) sitúa el índice *muy bueno* entre 12 y 15%.

INSERTAR LA FIGURA 2.15

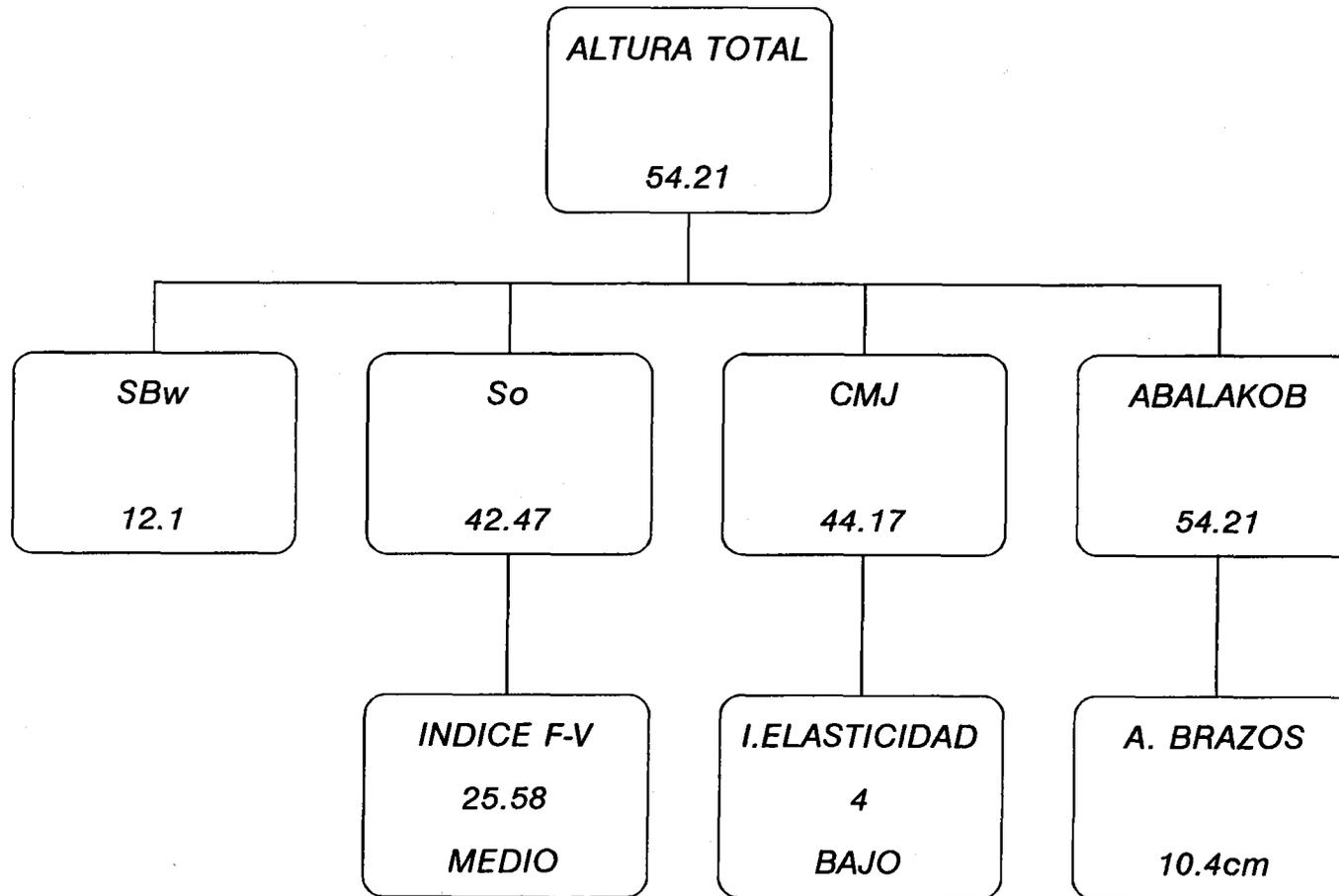
La capacidad de fuerza explosiva ( $S_o$ ), llamada también Capacidad de Reclutamiento ( $S_J$ ), fue de 42.47. Bosco (1991) en sus investigaciones con saltadores de altura encontró una capacidad de 45.8 para ( $n=6$ ). Con los de longitud: 45.1 ( $n=6$ ), los de triple salto 43.3 ( $n=5$ ) y los corredores de 110 metros vallas se despegaron 45.0 cm. Por otra parte deportistas de esquí, especialidad de Slalom, obtuvieron 48.2, siendo el máximo. Los de la especialidad de Descenso se despegaron 47.1 cm.

Como se sabe, todos los deportistas de estas especialidades desarrollan una gran fuerza explosiva con sus entrenamientos.

Por tanto, la media de nuestra selección está alejada de estos valores en esta primera prueba, pero sin embargo tenemos valores similares a los de la selección Italiana (42.0), Finlandesa (41.1) o a la Soviética (43.3 cm.)(Bosco, 1990).

# SELECCION ESPAÑOLA

---



**3 de ABRIL de 1992**

Figura 2.15: Resultados de los test realizados al final de la Etapa de Preparación General.

En cuanto al Contramovimiento (CMJ), que refleja la Capacidad Elástica, arroja una media de 44.17 cm. muy por debajo del Slalom de Esquí (57.6 cm) y del descenso de Esquí (56.7 cm), los saltadores de altura (52.2), los de salto de longitud (53.2) y los de triple salto (53.3), pero muy cerca de la selección Italiana y Finlandesa y algo alejados de la selección Soviética (49.4) (Bosco, 1990).

En la Capacidad Contráctil (Sbw) nuestro índice fue de 12.1 cm. mientras que los saltadores de altura tienen 16.3; los de longitud 17.2 y los de triple 19.4 (Bosco, 1990).

Estos resultados , junto al estudio correlacional que hicimos (Estudio tres de este capítulo) de las variables que representan los diferentes tipos de fuerza, nos indicó que era necesario incrementar nuestros niveles de fuerza máxima en los próximos mesociclos de entrenamiento, y no tan sólo en esta expresión del trabajo, la fuerza máxima, sino también en la resistencia.

#### 2.2.4. ESTUDIO 2º: Análisis de los medios utilizados en la Preparación General.

INSERTAR LA FIGURA 2.16

Al ser la preparación física uno de los componentes primordiales de la preparación del deportista y los medios que empleamos en ella ejercer una influencia directa sobre el desarrollo de las capacidades físicas necesarias en voleibol, expresadas por los test que realizamos (Batería de test), se hace necesario analizar el grado de influencia que tiene cada uno de ellos en los resultados, para de esta forma lograr una elección racional de los medios que permitieran mejorar el rendimiento en competición de los jugadores de la Selección olímpica.

##### 2.2.4.1. Método.

###### 2.2.4.1.1. Sujetos.

Para este análisis utilizamos a los nueve componentes de la Selección española que estaban concentrados en esa época y que no tenía ninguna lesión que les impidiera realizar los test (los mismos jugadores del estudio uno).

###### 2.2.4.1.2. Análisis de los datos. Instrumental.

Para el análisis de los datos se utilizó un microordenador 386-SX y el paquete estadístico Microstat.

# VOLUMEN DE TRABAJO FÍSICO

## PERÍODO PREPARATORIO

	J.C. Robles	R. Pascual	J. Sánchez	F. Hervás	A. Alonso	V. Costa	J. Maroto	E. Rodríguez	H. López
Sentadilla	15.450	16.480	14.975	9.370	14.990	14.855	16.524	17.000	15.730
Bic/Femo.	25.500	23.950	25.500	15.000	32.500	25.450	32.500	25.530	32.500
T. Piernas	42.200	44.055	43.000	26.675	50.015	40.305	62.583	45.507	50.965
Salto R. c/p	8.220	7.620	9.820	7.620	9.820	5.520	-	6.220	9.820
Total R. c/p	114	120	114	120	114	90	-	115	114
Total Rep. s/p	160	400	120	220	360	125	300	115	358
Total Saltos	274	520	234	340	474	215	300	219	472
Total Piernas	50.420	51.655	52.820	34.295	59.835	45.825	62.583	51.727	60.785
B+T Arranque	9.305	9.810	7.575,5	7.595	6.735,5	8.870	68.375	9.235	10.445
B+T Envión	13.510	7.890	13.456	9.505	14.731	13.355	13.495	13.195	13.665
B+T Combinada	4.800	4.800	4.530	2.400	4.800	4.800	1.700	4.800	4.800
Suma Total B+T	27.615	28.330	25.471,5	19.700	26.346,5	27.025	21.532,5	27.230	29.000
Abd. c/p	3.975	4.100	4.300	3.475	3.600	4.100	4.100	3.600	4.100
Total Rep.	1.095	1.015	1.095	845	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095
Abd. s/p	1.390	2.090	1.970	1.600	1.995	1.960	2.020	1.990	2.025
Total Rep.	2.485	3.185	3.065	2.445	3.090	3.055	3.115	3.085	3.120
Lumbares	300	600	600	750	600	300	600	600	300
Total Rep.	490	550	550	505	550	490	550	550	490
Balón Med.	470	430	505	340	385	430	310	430	380
Otros	10.080	6.755	-	11.550	-	-	-	5.460	6.650
Total General	92.390	91.460	83.191,5	69.760	90.381,5	77.250	88.215,5	88.617	100.835

**Figura 2.16: Tabla resumen del trabajo físico de la Etapa de Preparación General.**

#### 2.2.4.2. Diseño.

Para este estudio utilizamos diecisiete variables (Tabla 2.1), dispuestas para su estudio en dos grandes bloques, por un lado los resultados de los test realizados, que nos miden los diferentes tipos de fuerza , Sbw (fuerza máxima dinámica), S0, CMJ, y Abalakob y en el otro grupo los medios empleados durante la preparación, alcance, squat, curl de bíceps femoral, etc. (figura 2.16).

Los medios utilizados se expresaron en repeticiones o carga (figura 2.16) y los resultados de los test en centímetros.

Para los medios se escogieron todos los ejercicios significativos realizados en los circuitos de preparación y en ellos están representados todos los demás.

#### 2.2.4.3. Desarrollo.

Para realizar el estudio, se seleccionaron los resultados de los test de cada jugador y se realizaron, para cada uno, la tabla del volumen del trabajo físico que habían realizado en esta etapa de preparación general y se analizaron con la opción matriz de correlación del paquete estadístico Microstat.

#### 2.2.4.4. Resultados.

INSERTAR LA TABLA 2.1

Del resultado del estudio de la matriz de correlación entre los medios de entrenamiento y los resultados de los test se puede deducir la gran influencia que ha tenido

TABLA 2.1

----- CORRELATION MATRIX -----

ARCHIVO DE DATOS EN: A:MATRIZLX ETIQUETA: CORRELACIONES P. GENERAL  
 NÚMERO DE JUGADORES: 9 NUMERO DE VARIABLES ESTUDIADAS: 17

	ALCANCET	SQUAT	CURLBF	TPIERNAS	SALTOSK	NSALTOSK	NSALTOS	TOTALPNS	ARRANQUE	ENVION	COMBIN	BTTOTAL	TOTGRAL	SBW	So	CMJ	ABA
ALCANCET	1.00000																
SQUAT	-.06710	1.00000															
CURLBF	.26893	.45349	1.00000														
TPIERNAS	.41092	.32135	<u>.95584</u>	1.00000													
SALTOSK	-.26528	.11154	<u>.46857</u>	<u>.40192</u>	1.00000												
NSALTOSK	-.32800	-.38311	-.18744	-.05239	<u>.48663</u>	1.00000											
NSALTOS	-.11986	-.53528	<u>.35269</u>	<u>.36439</u>	<u>.46426</u>	<u>.41851</u>	1.00000										
TOTALPNS	.31939	.33475	<u>.90275</u>	<u>.93411</u>	<u>.63527</u>	<u>.06162</u>	<u>.30910</u>	1.00000									
ARRANQUE	<u>.75249</u>	-.13188	<u>.17152</u>	<u>.29545</u>	-.24699	-.04200	<u>.15696</u>	<u>.11906</u>	1.0000								
ENVION	-.01331	<u>.93467</u>	<u>.68478</u>	<u>.53974</u>	<u>.27757</u>	-.41891	-.32514	<u>.55819</u>	-.19401	1.00000							
COMBINAD	<u>.71346</u>	<u>.27321</u>	<u>.80189</u>	<u>.87797</u>	<u>.06521</u>	-.32288	<u>.08349</u>	<u>.77095</u>	<u>.39417</u>	<u>.47857</u>	1.00000						
BTTOTAL	<u>.78883</u>	.14588	<u>.76744</u>	<u>.86126</u>	<u>.06074</u>	-.22514	<u>.23439</u>	<u>.71888</u>	<u>.64082</u>	<u>.32087</u>	<u>.94885</u>	1.00000					
TOTGRAL	<u>.46295</u>	<u>.14610</u>	<u>.79345</u>	<u>.87342</u>	<u>.45844</u>	<u>.24112</u>	<u>.48681</u>	<u>.79858</u>	<u>.55830</u>	<u>.30366</u>	<u>.72979</u>	<u>.83798</u>	1.00000				
SBW	.42503	-.25976	-.02177	<u>.24307</u>	-.46340	<u>.16656</u>	-.04304	<u>.09599</u>	<u>.34541</u>	-.29884	<u>.36893</u>	<u>.37187</u>	<u>.19906</u>	1.00000			
So	.18425	-.42352	-.23946	-.05931	-.67419	-.07462	<u>.02581</u>	-.24219	<u>.18947</u>	-.48109	<u>.05586</u>	<u>.06925</u>	-.19320	<u>.82490</u>	1.00000		
CMJ	.28909	-.43297	-.03094	<u>.15264</u>	-.50930	<u>.01527</u>	<u>.27245</u>	-.05655	<u>.45180</u>	-.46755	<u>.16944</u>	<u>.27694</u>	<u>.10602</u>	<u>.79441</u>	<u>.92472</u>	1.00000	
ABALAKOV	<u>.68423</u>	-.25829	<u>.10655</u>	<u>.23250</u>	-.60858	-.45108	<u>.05405</u>	<u>.01929</u>	<u>.64901</u>	-.25498	<u>.43692</u>	<u>.53512</u>	<u>.14382</u>	<u>.60324</u>	<u>.72953</u>	<u>.81283</u>	1.00000

CRITICAL VALUE (2-tail, .05) = +/- .70477

el trabajo de fuerza entre los diferentes movimientos que realizamos. Estas correlaciones están desarrolladas a partir del volumen de trabajo físico del Período Preparatorio, representado en la figura 2.16 y los test realizados y analizados anteriormente (Tabla 2.1).

Aunque en esta matriz todas las variables son de mucha importancia, ya que representan la esencia de la preparación del voleibolista, podemos observar la gran incidencia que ha tenido el trabajo de fuerza entre los diferentes movimientos que realizamos en la preparación de nuestros jugadores, por ejemplo, se destaca ampliamente el ejercicio que denominamos Combinada que mantiene correlación con el alcance (.71346), el Curl de bíceps femoral (.80189), el Total parcial de piernas (.87797) y el Total general de piernas (.77095). Este ejercicio se puso en función de la preparación especial, con el fin de aliviar la carga general, pero tratando de que el trabajo en forma de circuito fuera más dinámico y existiera combinación entre el trabajo de piernas y el de los brazos y espalda para el saque y el remate.

También el Total de brazos y tronco (BT Total) mantiene correlación con las mismas variables que la combinada, obteniendo por el mismo orden los siguientes niveles: .78883; .76744; .86126 y .71888.

Una vez más se demuestra el equilibrio realizado en la dinámica de las cargas para todo el cuerpo de los jugadores. Cabe destacar, que por las características del período que estamos analizando, la Preparación General de Base, los aspectos especiales, como el desarrollo de la capacidad de salto, no hayan tenido un volumen suficiente como para que destaque.

### **2.3. ESTUDIO 3° : Influencia en la angulación muslo pierna en la altura del salto.**

#### 2.3.1. Planteamiento del problema.

El perfil del ciclo básico del mecanismo muscular, se basa en la longitud con que se inicie y realice la contracción y el ángulo de la articulación en la que se realice, estos dos factores se convierten en el tercer principio básico de los que analizamos en el capítulo 1°. La fuerza producida en cada una de las longitudes del músculo se determina en función al desplazamiento y formación de los puentes de los filamentos de miosina y actina en cada uno de los sarcómeros (figura 1.24), y como los músculos están unidos a los huesos, estos dos factores van unidos y determinan, sobre todo, el nivel inicial de fuerza que se aplica.

En el cuerpo humano, la fuerza, el ángulo de fuerza y sus relaciones son específicas para cada uno de los grupos musculares y sus correspondientes angulaciones. En el caso que nos ocupa, podemos observar que conforme extendemos la rodilla, en la fase en la que el sujeto se levanta desde cuclillas, la fuerza generada va incrementando de forma lineal conforme se va incrementando el ángulo de la rodilla. Así para la rodilla, parece generalizada la idea de que 90 grados constituye la angulación más adecuada (Komi, 1984; Bosco, 1990 y Hakkinen, 1990) aunque otro autor, Ivoilov (1986), defiende que el ángulo de flexión de las piernas, a nivel de las rodillas debe estar entre 130 y 150 grados.

Una flexión acentuada de las piernas contribuye a aumentar el tiempo de aceleración del centro de gravedad del cuerpo, pero puede disminuir la potencia del salto ya que hay que tener en cuenta que cuando las angulaciones de cadera, rodilla y tobillo se reducen demasiado, los ejes de giro se desvían de la línea de gravedad de la masa corporal, por lo

que los músculos deben de sobreponerse a los momentos máximos de la fuerza de la gravedad (Hochmuth, 1973), por tanto, una flexión de las piernas menor, a nivel de las rodillas, puede resultar más beneficiosa para la aplicación de fuerza.

Esta aplicación depende de la fuerza relativa máxima del deportista según Ivoilov (1986), pero podría darse el caso de que para otras condiciones no se dieran los mismos resultados.

Como el tema central del Estudio es la angulación de las rodillas, lo trataremos desde diversas perspectivas, realizando una conjunción de todas ellas, que nos permita una visión general clara, sobre la influencia de este factor en la aplicación de la fuerza.

Podemos encontrar una serie de factores, que influyen decisivamente en la fuerza final que se puede aplicar, entre ellos están:

(a). El momento de fuerza generado en función a la distancia al centro de giro del miembro inferior.

Recordando la formula del momento de fuerza en la Ecuación 6:

E-9

$$M = F * d$$

donde  $M$  es el Momento de fuerza;  $F$  es la fuerza y  $d$  es la distancia de aplicación de la fuerza.

Observamos que cuanto mayor sea la distancia de aplicación de fuerza, con una misma cantidad de fuerza, se consiguen mejores resultados. Esto implica que una posición, donde la línea ortogonal coincida en todos sus puntos con la línea de la palanca, conduciría a la mayor eficacia. Esta posición se consigue con una angulación entre las palancas de la pierna y el muslo de 90 grados, aunque esta misma ventaja se puede volver en contra, tal y como hemos visto, ya que también se consigue que la fuerza de gravedad alcance su mayor momento.

El momento de fuerza generado en función a la distancia al centro de giro del miembro inferior, depende del jugador y hay que determinarlo individualmente, pero sería deseable que se consiguiera con una angulación de 90 grados.

INSERTAR LA FIGURA 2.17

(b). Principio del curso óptimo de aceleración.

Según los principios de la mecánica el curso de la aceleración y la fuerza son equivalentes, siempre y cuando el incremento de la distancia de aceleración no influya negativamente en la aceleración media.

La distancia de aceleración viene determinada por la diferencia de altura del centro de gravedad en sus puntos mínimo y máximo.

En el gesto que nos ocupa, la extensión de las piernas del jugador debe tener el máximo recorrido, para generar una gran fuerza y así saltar a mayor altura, pero esta distancia óptima depende de la magnitud de impulso de frenado en relación con el impulso de aceleración (ver figura 2.18) de manera que no se reduzca en ningún momento la

aceleración.

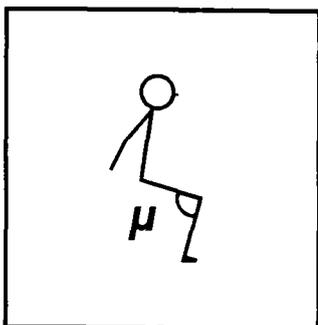
### INSERTAR FIGURA 2.18

Con el estudio de este punto también llegamos a la conclusión de que sería positivo que el jugador iniciara el salto con una gran flexión de piernas y que junto a esta premisa hay que establecer un compromiso beneficioso entre la flexión de piernas y la fuerza que pueden generar en esa angulación.

Ivoilov (1986) considera que con una flexión que implique un ángulo de la rodilla entre 90 y 115 grados, la potencia del salto se ve disminuida, a pesar de que se está incrementando la velocidad durante un mayor tiempo. Y sin embargo con una flexión que implique ángulos de 130 grados aproximadamente, la distancia de aceleración del centro de gravedad se disminuye, pero dada la posición de las palancas, se puede desarrollar una mayor potencia.

En esta consideración, Ivoilov, no tiene en cuenta las afirmaciones de Hochmuth (1973), donde indica que la longitud óptima de la trayectoria de aceleración, en los movimientos corporales con una elevada velocidad final, también depende del nivel de fuerza muscular y de la capacidad de coordinación, aparte de la magnitud del impulso de frenado en relación con el impulso de aceleración.

Esta discusión nos lleva a que en función de las condiciones particulares de la especialidad deportiva y del deportista, hay que determinar el ángulo idóneo de la articulación para la trayectoria de aceleración y que en ella debemos tener en cuenta el impulso de frenado que le precede.



Mínimo ángulo de la rodilla derecha en la batida (grados).

Garrido	Carreño	Costa	Rodríguez	López	Pascual	Maroto
112	106	100	92	120	98	122

Figura 2.17: Angulación entre las palancas de la pierna y el muslo en la batida del salto de remate.

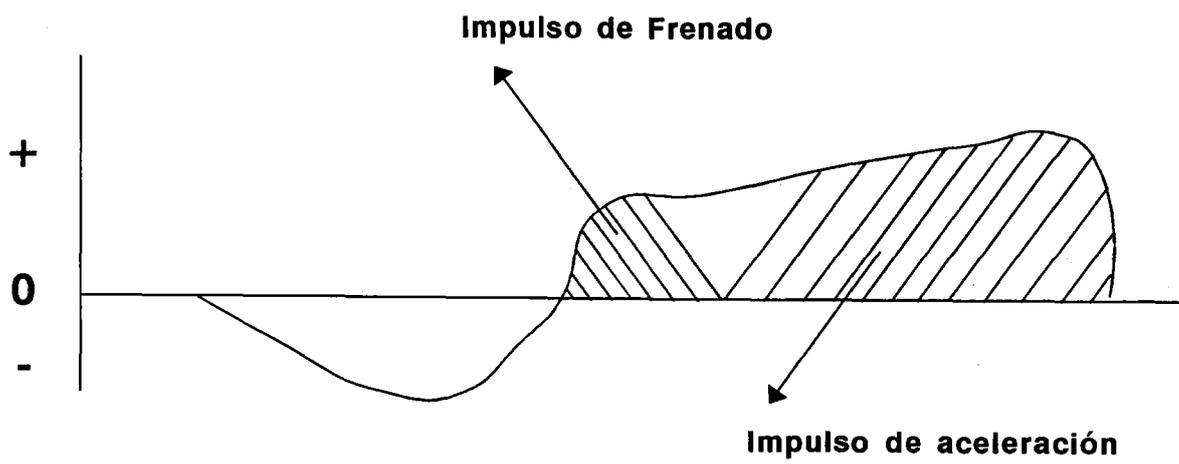
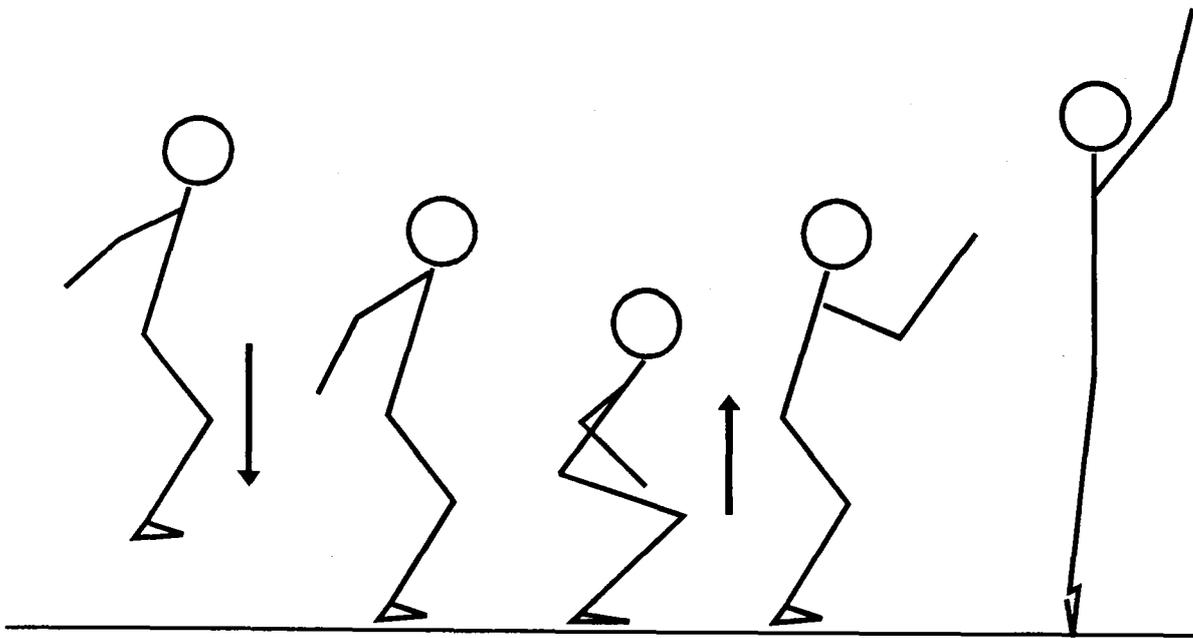


Figura 2.18: Impulso de frenado y de aceleración en el salto de remate en voleibol.

(c). Las características antropométricas del jugador.

Dentro de ellas podemos destacar dos que influyen determinantemente, la longitud de las palancas y el peso corporal. Entre dos jugadores que apliquen igual fuerza obtendrá mayor aceleración el que tenga las palancas mayores, ya que incrementa la trayectoria de aceleración. Si tienen diferente peso corporal, dado que éste afecta a la fuerza relativa, el de menor peso corporal obtendrá mejores resultados (Martín, 1987).

En este apartado tiene gran importancia que la fuerza sea obtenida en base a factores nerviosos que no incrementan la hipertrofia, y en el caso de que se tenga que producir, que sea selectiva de las fibras de contracción rápida tal como indica Tihanyi (1988).

(d). Longitud inicial del músculo.

Según Donskoi (1988), la fuerza de tracción, cuando existe un mismo nivel de estimulación, depende de la longitud del músculo en un momento dado. Cuando esta longitud aumenta o disminuye, varía el área de recubrimiento, y por ende, el número de puentes transversales que se forman entre los filamentos de actina y miosina, y por tanto, varía también su fuerza.

Cuando varía la posición de la articulación, varía también la longitud del músculo. Aproximadamente se puede considerar que la fuerza máxima que desarrolla el músculo decrece proporcionalmente al cuadrado de la disminución de su longitud (Donskoi, 1988). En este punto, también hay que buscar un equilibrio entre la angulación de las rodillas y la fuerza que se puede generar en ella.

(e). El tipo de fibras que predominan en el músculo.

En principio, en el cuerpo humano se pueden diferenciar dos tipos de fibras y otras que tienen características intermedias. Estos tipos son las Tipo II o Fibras de contracción Rápida CR y las Tipo I o Fibras de contracción Lenta CL (figura 1.18). Estos dos tipos se diferencian por su contenido bioquímico y por su estructura nerviosa y vascular. Desde un punto de vista bioquímico las unidades CR son más aptas para la creación de fuerza máxima por las siguientes razones:

1ª. Tienen una mayor capacidad glucolítica. El poseer una menor densidad en la red de capilares y menor cantidad de mitocondrias les hace adaptarse a la otra vía de obtención de energía, para ello poseen una alta actividad de las enzimas no oxidativas (unas tres veces superior) y en concreto de la ATP-asa que descompone el ATP para formar grandes cantidades de energía (Evartz, 1984, citado por Platonov, 1991).

2ª. El tiempo requerido para que las fibras CR generen una tensión máxima es de alrededor de la tercera parte del que requieren las fibras CL (Fox, 1984, figura 2.19). Una de las razones de este fenómeno es que la neurona motriz que inerva la unidad CR es de mayor tamaño y en consecuencia puede propagar el impulso nervioso con mayor rapidez a lo largo del axón.

INSERTAR FIGURA 2.19

UNIVERSIDAD  
de Granada

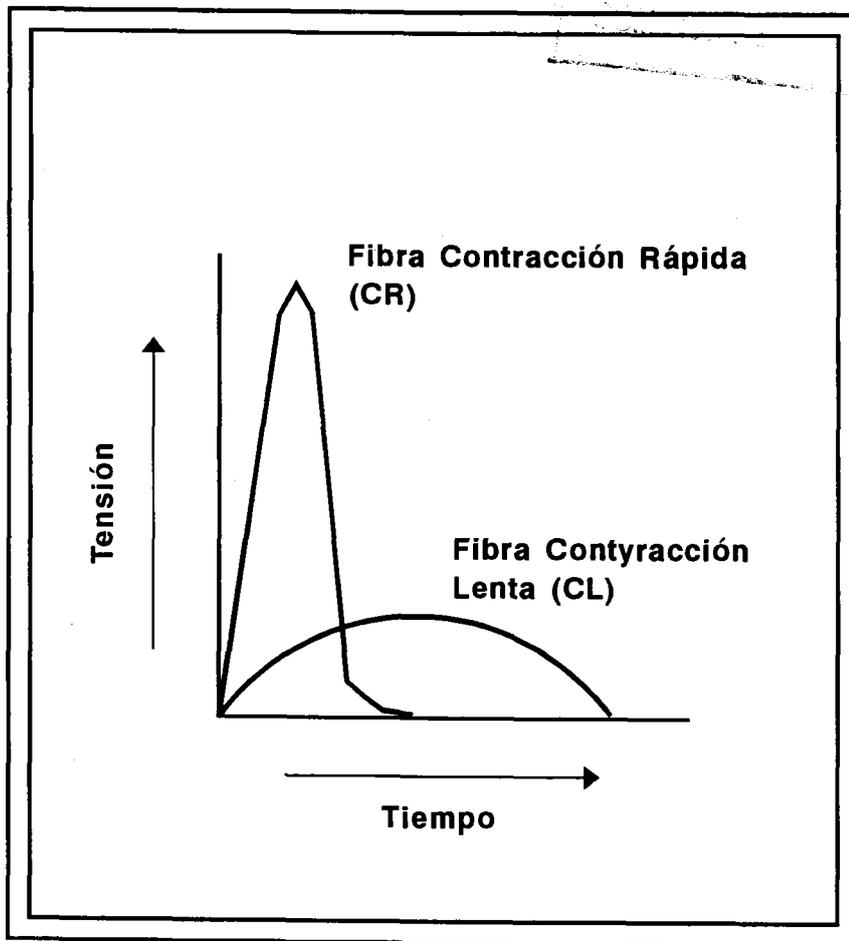


Figura 2.19: Comparación del tiempo requerido por las fibras CR y CL para generar tensión máxima (tomado de Fox, 1984).

3ª. La mayor fuerza está vinculada con el tamaño de las fibras individuales y con el número de fibras que componen la unidad motriz. Tanto el tamaño como el número de fibras es mayor en las unidades CR (Fox. 1984).

Por tanto, los jugadores con una mayor cantidad de fibras CR en los músculos extensores del tren inferior, son capaces de ejercer mayores fuerzas y a mayor velocidad (Bosco, 1990).

La angulación de las rodillas y la fuerza que se puede generar en ella es determinante de la efectividad en el salto de remate o de bloqueo. En el supuesto teórico, el ángulo ideal sería de noventa grados, ya que en él es donde se puede generar mayor fuerza (por número de puentes que se crean, distancia de aceleración, etc.) pero, como apuntan algunos teóricos, esta angulación podría variar en función del deportista (longitud de sus palancas, fuerza relativa máxima, peso, etc.), teniendo en cuenta que biomecánicamente puede cambiar, nos podemos preguntar:

- *¿Es noventa grados la angulación óptima para crear la mayor impulsión en el salto del remate o del bloqueo?*

Y si no fuera noventa grados,

- *¿Cual será la angulación óptima?*

Para conocer cual es la angulación óptima, cogeremos una muestra representativa de sujetos y haremos que realicen el salto variando la angulación de las rodillas. En cada intento le mediremos la impulsión que realizan con las piernas para determinar el ángulo óptimo. Aquí se nos plantea el primer problema:

- *¿ Cómo medir la fuerza de impulsión de las piernas?*

No se puede utilizar el gesto del salto de remate ya que el momento de fuerza para

el salto es generado por la acción de las piernas, caderas, tronco y brazos del jugador sin la posibilidad de aislar la extensión del muslo y pierna y la flexión plantar del pie, que es el objeto de estudio, por ello escogemos un gesto simple en el que la acción de piernas se pueda aislar.

La prueba tiene que controlar todas las variables que pueden incidir en la evaluación y además ser objetiva, de manera que el sujeto no pueda manipular el resultado. También debe ser aplicada en condiciones normalizadas y acorde a criterios científicos. El objetivo es que nos ofrezca indicaciones cuantitativas acerca de la fuerza aplicada en cada angulación, de forma que se puedan establecer premisas uniformes para permitir comparaciones inter e intraindividuales. Para ello, tenemos que diseñar una prueba de ejecución que nos permita medir la capacidad de impulsión del tren inferior en los diferentes ángulos de las rodillas. La prueba escogida se basa en un salto vertical con antesalto, a este salto lo hemos denominado *Drop Jump (DJ)*, de manera que se aprovechen los elementos elásticos de los extensores de la pierna, al igual que en el salto del remate (ciclo estiramiento-acortamiento), la impulsión en los dos gestos se produce con una manifestación dinámica de la fuerza y por medio de una contracción pliométrica. Además el gesto del salto vertical, aislando la acción de las piernas, es la base de todos los saltos y de la impulsión para casi todos los gestos deportivos y por tanto, los resultados se podrán generalizar a todos estos gestos.

Con el trabajo número tres deseamos en primer lugar poner de relieve la importancia de la angulación muslo-pierna a nivel de la rodilla en la eficacia de la impulsión de las piernas en cualquier gesto deportivo y en particular en el salto del remate, donde para crear un gran Momento de Inercia (M) que permita al jugador crear una gran velocidad, tendremos que crear un compromiso entre el ángulo en la flexión de las piernas a nivel de la rodilla y

la fuerza que se puede generar en él.

El segundo objetivo que nos planteamos, es establecer un procedimiento automatizado para el cálculo de la altura del salto, por medio del tiempo de vuelo, como variable que determina la impulsión de las piernas, similar al utilizado en otros laboratorios ( Departamento de Biología de la Actividad Física de la Universidad de Jyväskylä, Finlandia o el del Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat, Barcelona), pero adaptado al Laboratorio de Análisis del Movimiento Humano del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Granada.

Y en tercer y último lugar, estudiar la incidencia de la angulación muslo-pierna a nivel de la rodilla en la altura del salto posterior a nivel individual y de grupo.

### 2.3.2. Método.

#### 2.3.2.1. Sujetos.

La muestra para realizar el presente experimento estuvo compuesta por quince sujetos, estudiantes de la FCAFD de Granada, que se ofrecieron voluntariamente para participar en el mismo. De entre ellos había, once varones y cuatro mujeres, con edades comprendidas entre los veintidós y los treinta años, edad similar a la que tenían los componentes de la Selección Española.

#### 2.3.2.2. Instrumental.

El instrumental es el mismo que hemos descrito en el apartado de materia dentro de la batería de test empleada (apartado 2.2.2.1.3)

### 2.3.3. Diseño.

Para el presente estudio se utilizó un diseño univariado (con una variable independiente) en la que se establecen tres niveles. Para tener la mayor homogeneidad posible ya que el tratamiento lo permitía, se formó un sólo grupo al que se le aplicaron sucesivamente los tres niveles de la variable independiente, tratamiento intragrupo, contrastando los efectos que producían en la variable dependiente.

#### 2.3.3.1. La Altura del Salto (Tiempo de Vuelo) como Variable Dependiente.

Resulta un dato de especial interés, ya que nos permite conocer la eficacia del salto. No olvidemos que el objetivo es estudiar la incidencia de la angulación en la impulsión de las piernas y que ésta se mide en base a la altura del salto.

#### 2.3.3.2. La Angulación Muslo-Pierna a la altura de la rodilla como Variable Independiente.

Esta variable se manipuló aplicando tres niveles, que tomaban los valores de 150, 90 y 60 grados.

#### 2.3.3.3. El control sobre las Variables Extrañas.

##### 2.3.3.3.1. Efecto de la Instrumentación sobre las medidas.

Dada la importancia de la angulación para el experimento, se tomó especial interés en la comprobación de la exactitud de la medida del goniómetro electrónico, al inicio y al final de los ensayos con cada sujeto, por medio de un goniómetro manual, tomando como referencia las angulaciones de 180° y 90°.

#### 2.3.3.3.2. Sobre la Automatización del Gesto.

Para que el gesto fuera conocido por todos los participantes, así como las diferentes angulaciones, se estableció un período de práctica con cada uno hasta que conseguían realizar el salto, en la angulación deseada, sin parada por lo menos 8 de cada 10 veces.

#### 2.3.3.3.3. Sobre la Estabilidad de la Medida.

Se registraron tres intentos con resultados similares, de forma que la variación entre uno y otro en el tiempo de vuelo no sobrepasará los 0.015 segundos. Si la variación era mayor se continuaban realizando intentos hasta la estabilidad de la medida, en un máximo de diez, sino se conseguía, se repetía la toma de datos en otra sesión.

#### 2.3.3.3.4. Condiciones en las que llegaba el sujeto a la Toma de Datos.

Los requisitos eran los siguientes:

a) El día anterior no podía realizar ejercicio físico intenso; b) debía haber transcurrido por lo menos tres horas desde la última ingesta de comida; c) tenía que realizar un calentamiento previo de diez minutos y un intento sin registro sobre la angulación.

### 2.3.4. Procedimiento.

#### 2.3.4.1. Descripción del gesto.

#### 2.3.4.1.1. Protocolo.

(a). Preparación. En un lugar despejado se coloca una alfombrilla de presión, de manera que nada impida realizar el gesto (figura 2.20,a). Al sujeto se le instala un goniómetro electrónico en su rodilla derecha, fijado a la extremidad distal del muslo y la proximal de la pierna por medio de unas placas de anclaje regulables en presión por medio de unas cinchas, que se unen por medio de cinta adhesiva para obtener una sujeción estable sin dificultar la circulación sanguínea, de manera que no se mueva durante la ejecución.

Para tener exactitud en las mediciones es muy importante la colocación y calibración del goniómetro: Se colocan los soportes de los potenciómetros en su lugar (viene marcado en el modelo) y luego se unen por las barillas flexibles, y se conecta al display. Una vez instalado se coloca al sujeto de pie, con la pierna extendida y se le fija el goniómetro en los 180 grados, calibrado con un goniómetro manual. Acto seguido se le hace realizar una flexión hasta conseguir una angulación de 90 grados y se vuelve a comprobar.

(b). Posición Inicial. El jugador se coloca frente a la alfombrilla de presión, con los pies paralelos y separados la anchura de las caderas. Las manos se colocan en la cintura de manera que no puedan impulsar y de esta forma ayudar al movimiento (ver figura 2.20,a).

(c). Ejecución. Desde esta posición salta para caer en la alfombrilla (figura 2.20,b) flexionando las rodillas cuando la toca, hasta que estas alcanzan la angulación deseada (figura 2.20,c), medida por el goniómetro y reflejada en una pantalla colocada frente al sujeto y el experimentador (se da un margen mayor de  $\pm 10$  grados) y una vez conseguida, sin

detenerse, salta hacia arriba (para aprovechar los componentes elásticos del músculo), tratando de llegar lo más alto posible (figura 2.20,d), sin separar las manos de las caderas y vuelve a caer en la alfombra.

Descansa de dos a tres minutos y lo vuelve a realizar.

INSERTAR FIGURA 2.20

#### 2.3.4.2. Desarrollo.

##### 2.3.4.2.1. Calentamiento.

Cada sujeto realizaba un calentamiento de forma individual en el que se incluían cinco minutos de calentamiento general y cinco de calentamiento específico, donde se incluyen saltos.

##### 2.3.4.2.2. Ensayos de práctica.

Los participantes pasaban primero por una fase de aprendizaje para realizar el gesto, en la angulación deseada sin paradas intermedias.

Primero se le colocaba el goniómetro y se conectaba al display, realizando un pequeño bucle en el conector del cable, para evitar tirones sobre el conector durante la ejecución, y pasándolo por debajo de las cinchas. Una vez colocado y calibrado, el sujeto realiza una flexión de piernas hasta que consigue la angulación deseada, realizando su percepción cinestésica, esta operación la realiza dos o tres veces.

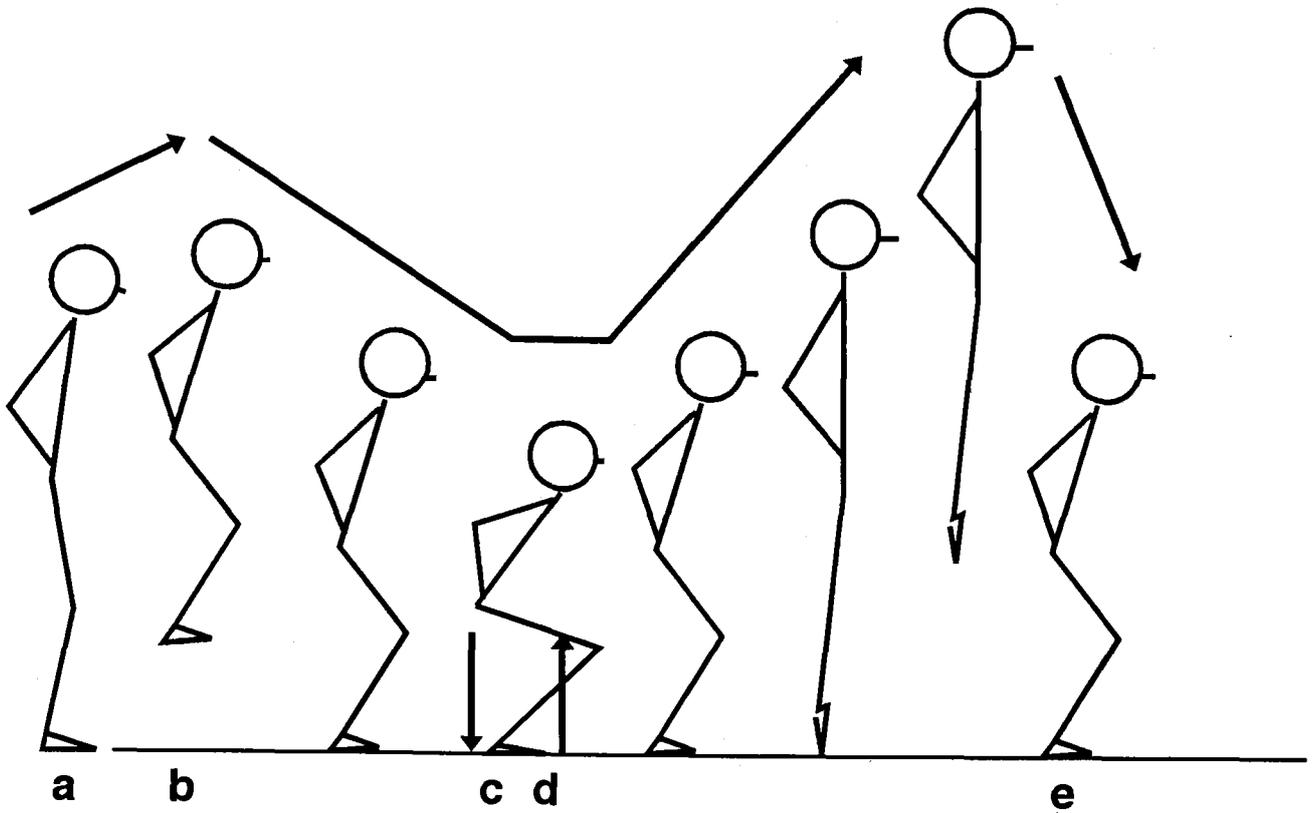


Figura 2.20: Ejecución del Drop Jump: a) Posición Inicial; b) Salta para caer en la alfombrilla; c) Flexión máxima de rodillas; d) Salta sin detenerse y e) vuelve a caer en la alfombrilla.

A continuación trata de realizar el salto con un antesalto previo , dando un conocimiento de resultados inmediato, y así continua hasta que consigue 8 de 10 ejecuciones correctas ( $\pm 10^\circ$ ). Una vez conseguido con una angulación se realiza el mismo procedimiento con las otras dos.

#### 2.3.4.2.3. Toma de datos.

Una vez realizados los ensayos de práctica, al sujeto se le pide encadenar unos rebotes previos para normalizar la recepción. A continuación, recuerda de forma estática la angulación a realizar y realiza tres ensayos a cada angulación de la siguiente forma:

- (a). el sujeto se colocaba en la posición inicial y se concentra, cuando está preparado, le hace una indicación al experimentador y este indicaba
- (b). ¡preparado!, a lo que contesta con un movimiento de cabeza, entonces el experimentador da la señal diciendo
- (c). ¡Ya!, a partir de lo cual el sujeto disponía de uno a dos segundos para realizar el salto.

Durante la ejecución, el experimentador estaba pendiente de la angulación mínima conseguida y si esta no estaba en los límites permitidos con  $\pm 10^\circ$ , el intento se declara nulo. Entre un intento y otro el sujeto tiene tres minutos de descanso. Durante este tiempo el experimentador mide en la pantalla del ordenador el tiempo de suspensión y lo anota en la hoja de datos (Anexo A, planilla 1ª). En total son tres intentos (normalmente se realizan tres, pero caso de no estabilizar la altura conseguida, se sigue repitiendo con el mismo intervalo hasta que se consigue, con un máximo de diez saltos, caso de no conseguirse, se repite otra sesión).

### 2.3.5. Resultados.

#### 2.3.5.1. Descriptivos.

#### INSERTAR TABLA 2.2

Las observaciones sobre las medias y desviaciones (Tabla 2.2) muestran que los niveles dos (90°) y tres (60°) son muy parecidos y que el nivel uno (150°) no es equiparable a los otros dos.

La comparación entre los niveles dos y tres muestra que aunque la media a nivel de grupo del nivel dos es mayor que la del nivel tres, hay un mayor número de sujetos que obtienen su récord de altura en el salto con una angulación de 60° (Tabla 2.3. Angulación Predominante), dando en este nivel el grupo una mediana mayor.

#### INSERTAR LA TABLA 2.3

#### 2.3.5.2. Coeficiente de correlación.

Tal como se observa en la Tabla 2.3, las relaciones entre los niveles uno/dos y dos/tres muestran una correlación positiva muy cercana a uno, con .620 ( $p < .01$ ) para la primera y .761 ( $p < .001$ ) para la segunda, lo que demuestra que existe una asociación entre ellos, sin embargo, la correlación entre el nivel uno y tres, muestra una relación nada significativa (.346), lo que confirma que estos dos niveles son independientes (Tabla 2.4).

TABLA 2.2

Medias, Mediana, varianza y Desviación Típica  
por niveles de la Variables independiente.

NIVELES V.I.	150°	90°	60°
MEDIA	30.933	35.380	34.527
MEDIANA	29.800	34.800	35.100
VARIANZA	23.149	24.169	25.795
D.T.	4.811	4.916	5.079

Las medidas están expresadas en centímetros.

TABLA 2.3

**Coefficiente de Correlación de Pearson entre  
los tres Niveles de la Variable**

COMPARACION	C.C.P.	T	df
150/90	.61974	2.8472	13*
150/45	.34609	1.3461	13
90/45	.76083	4.2272	13**

\* =  $p < .01$

\*\* =  $p < .001$

## ANGULACIÓN PREDOMINANTE

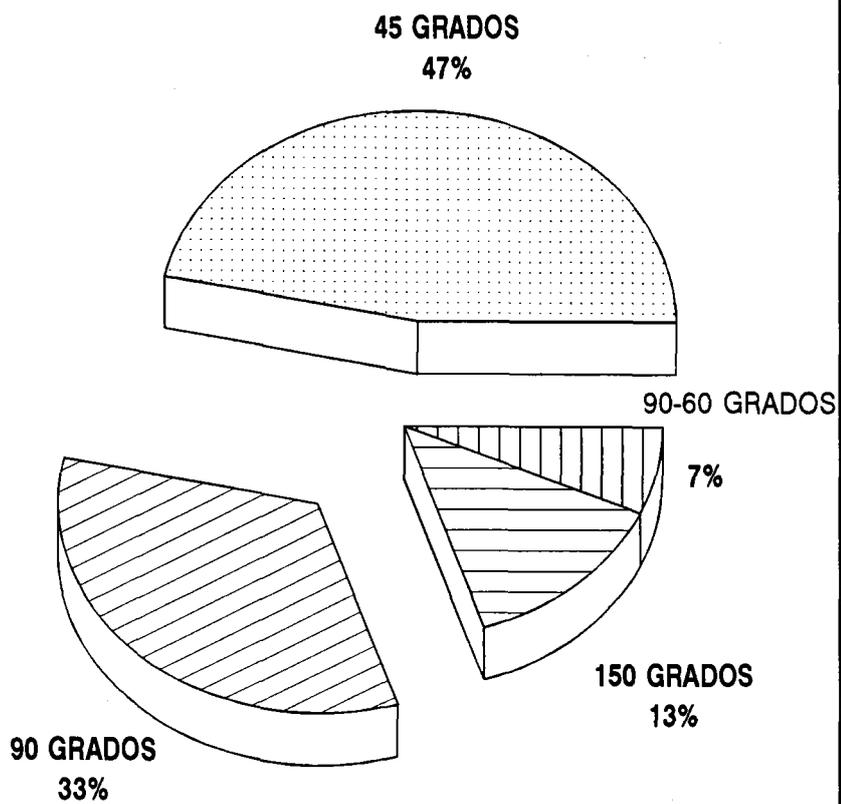


Figura 2.21: Frecuencia de aparición de cada una de las angulaciones.

TABLA 2.4.

**Coefficientes t de Student y Significación  
por Niveles de la Variable**

NIVELES	t	df	p
150/90	4.05925	14	.001**
150/45	2.46595	14	.02*
90/45	0.95525	14	.35

\* =  $p < .05$

\*\* =  $p < .001$

### 2.3.5.3. Inferencial.

Aplicando el análisis de varianza para medidas repetidas, se muestra una diferencia significativa ( $p < .05$ ) entre las medias de los tres niveles, con una  $F = 3.428$  (Tabla 2.4), con una varianza de medias de 5.569.

Para confirmar lo observado en el apartado 2.3.4.2., hemos contrastado los tres niveles de la variable a través de la técnica t de Student para datos apareados.

Los resultados expuestos en la tabla 2.4, muestran una  $t$  entre el segundo y el tercero de .955, no siendo significativa y obteniendo una  $t = 4.059$  ( $p < .001$ ) entre los niveles primero y segundo, lo que confirma lo expresado en el apartado anterior (Tabla 2.4).

INSERTAR LA TABLA 2.4

### 2.3.6. Discusión.

A la vista de los resultados analizados, podemos destacar varias afirmaciones:

En primer lugar hay que resaltar la importancia que tiene la angulación muslo pierna a nivel de la rodilla en la eficacia de la impulsión de piernas, pues como vemos en el Análisis de Varianza para medidas repetidas (Tabla 2.5) realizado sobre la incidencia de las tres angulaciones en las alturas posteriores, obtenemos una diferencia significativa ( $p < .05$ ) de las tres medias y comprobamos por los resultados del trabajo, que cada individuo necesita una angulación determinada para conseguir aplicar la mayor fuerza en la impulsión de piernas (figura 2.17) y en cualquier caso se confirma que la angulación con la que se inicia la aplicación de fuerza determina la cantidad de ella que se puede generar.

TABLA 2.5  
ANALISIS DE VARIANZA  
Tres Niveles de la Variable

FUENTE	GL.	SC	MC	F
ENTRE NIVELES	2	167.066	83.442	3.4276*
ERROR SS	42	1023.578	24.388	
TOTAL	44	1190.645		

\*  $p < .05$

Figura 2.26: Análisis de Varianza para medidas repetidas

En segundo lugar y en contra de la opinión generalizada, parece ser  $60^\circ$  la angulación más idónea, ya que con ella es con la que consiguen su mejor registro un mayor número de sujetos (47%), si bien a nivel de grupo las diferencias entre las medias no son significativas entre  $60^\circ$  y  $90^\circ$ , por lo que cada individuo tendrá un ángulo óptimo diferente. En función de esto, no todos los voleibolistas podrán realizar el salto de remate o de bloqueo con la misma eficacia, en la misma angulación.

En tercer lugar parece confirmarse la hipótesis de que los sujetos con menor capacidad de impulsión deben aplicar ángulos menores ( $150^\circ$ ) a sus impulsiones de piernas, ya que como se observa en la Tabla 2.2, los que consiguen su récord en esta angulación son los que menor altura consiguen, lo que quiere decir, que los jugadores con menor fuerza en su tren inferior, tendrán que realizar los saltos de remate y bloqueo con menor angulación de piernas para poder aplicar la máxima impulsión.

En cuarto y último lugar, se ha desarrollado a partir de un programa comercial, *Asystant+* y una Plataforma de Presión, un sistema instrumental eficaz para calcular la eficacia de la impulsión de piernas de forma aislada en los saltos verticales y además este sistema lo hemos adecuado a las necesidades del Laboratorio de Análisis del Movimiento Humano del Departamento de Educación Física y Deportiva de la FCAFD de la Universidad de Granada, si bien se sigue trabajando para buscar un sistema completamente personal, de forma que se puedan eliminar elementos que hacen el transporte y la adquisición más costosa como el panel de conexiones o la tarjeta.

### 2.3.7. Aplicación al entrenamiento del ESTUDIO 3º.

Estas conclusiones las aplicamos al entrenamiento de la Selección y así, a partir de

la etapa de Preparación Específica (ver cuadro resumen del volumen del Ciclo Olímpico de la Selección, figura 2.4) incluimos por primera vez saltos con diferentes angulaciones (60°, 90° y 120°), lo que contribuyó a la mejora en el rendimiento de la selección. En este caso, la angulación de 90° obtuvo una correlación positiva con los diferentes test que empleamos (Sbw, So, CMJ), ya que todos ellos se realizan con 90° de angulación, lo que demuestra la importancia del entrenamiento para la adaptación del músculo a la angulación.

A lo largo del entrenamiento hará falta multiplicar las situaciones que solicitemos la pliometría para hacer progresar al voleibolista. Pero si sólo utilizamos los multisaltos, el jugador se acostumbra rápidamente y no constatará más progreso, tenemos por tanto que introducir variedad en este tipo de funcionamiento muscular. Para ello y siguiendo a Alain Piron (citado por Cometti, 1988) y Cometti (1988), definimos tres principios que podemos denominar:

- Variación en la colocación de los segmentos.
- Variación en el desplazamiento
- Variación en el carácter de las tensiones.

En estos principios reconocemos, uno que corresponde con los resultados del Estudio 3°, la variación en la colocación de los segmentos. Cada jugador, en su salto va a adoptar una flexión particular de la articulación de la rodilla, buscando una posición precisa a nivel de esa angulación. De aquí nace un método de entrenamiento que se basa en variar la colocación de los segmentos o, en nuestro caso, saltar con diferentes angulaciones.

En el entrenamiento, dependiendo del grado de dificultad y de la angulación de la rodilla, exploramos tres angulaciones, 60°, 90° y 120 grados.

Este tipo de variación sobre la colocación, debe de usarse con prudencia. La lógica

de las variaciones de la colocación debe ir acotándose, conforme se acerca el momento de la competición, deben realizarse los saltos con el ángulo específico. Este fue el planteamiento que utilizamos con la selección, realizar saltos en las tres angulaciones, pero con predominio de las angulaciones de competición, que como vimos en la introducción se sitúan entre 92 y 120 grados para nuestro equipo, por lo que escogemos: 60, 90 y 120 grados. Durante la preparación específica y la competición, utilizamos sobremanera la angulación de 90 grados, 76% y 24% respectivamente, para tratar de que los jugadores utilizarán al máximo el tiempo de aceleración, como indican Bosco (1990), Cometti (1988), Komi (1984) y Hochmuth (1973).

Este planteamiento nos dio muy buenos resultados como veremos cuando analicemos el período de preparación específica.

## **2.4. ESTUDIO 4º. Correlaciones entre las diferentes manifestaciones de la fuerza.**

Al analizar los resultados de los test realizados por los componentes de la Selección el tres de Abril, nos dimos cuenta de que el nivel de fuerza máxima (SBw), de fuerza elástica (CMJ) y el índice de coordinación de brazos eran muy bajos, por lo que decidimos estudiar en profundidad los datos.

Partiendo de la base que para conseguir el mejor rendimiento en el salto, el jugador debe desarrollar y combinar los diferentes tipos de fuerza y, que el tanto por ciento que aporta cada uno de ellos a la altura total es muy importante y determina el mapa de fuerza ideal de fuerza en cada período, así como los objetivos a cubrir, en cuanto al trabajo de fuerza en el período siguiente, decidimos realizar una matriz de correlación entre los exponentes de dichos tipos de fuerza, conseguidos en los test y el índice más significativo de la fuerza dinámica (Vittori, 1990), el índice de fuerza velocidad (F/V).

### 2.4.1. Método.

#### 2.4.1.1. Sujetos.

Para el trabajo se estudiaron los diferentes tipos de fuerza en los nueve jugadores de la Selección a los que realizamos los test (ver estudio 1 y 2).

#### 2.4.1.2. Instrumental y análisis de los datos.

El análisis de los datos se realizó en el microordenador 386-SX y con el paquete estadístico Microstat con su opción Matriz de correlación.

#### 2.4.2. Diseño.

Para este estudio número cuatro, analizamos cinco variables, Tabla 2.6, el Sbw, Fuerza Máxima Dinámica, S0, Fuerza Explosiva, CMJ, Fuerza Explosivo Elástica, ABA, Fuerza Explosivo Elástico Refleja y F/V, Índice de Fuerza Velocidad.

#### 2.4.3. Desarrollo.

Para el estudio se escogieron los resultados de los test (descritos en el apartado 2.2.2.) de cada uno de los jugadores el tres de Abril de 1992, al finalizar la preparación general básica y se introdujeron los resultados en la opción matriz de correlación del paquete estadístico Microstat.

#### 2.4.4. Resultados.

Los resultados aparecen en la tabla 2.6 y en ellos podemos observar que por encima del valor crítico de  $\pm .664$  se encuentran las correlaciones entre el So y el CMJ (.923), ABA (.730). También existe una correlación significativa entre el CMJ y el ABA de .788.

Estas correlaciones positivas nos indican que el tipo de fuerza que miden están interrelacionadas, y que el incremento de una es proporcional al incremento de las otras con las que relaciona significativamente.

TABLA 2.6

MATRIZ DE CORRELACIÓN

ETIQUETA: CORRELACIÓN TEST DE FUERZA

NUMERO DE CASOS: 9

NUMERO DE VARIABLES: 5

	SBw	So	CMJ	ABA	F/V
SBw	1.00000				
So	-.24462	1.00000			
CMJ	-.34980	.92319	1.00000		
ABA	-.26616	.72967	.78818	1.00000	
F/V	-.04750	.33553	.23114	.05530	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL, .05) = + Or - .58607

CRITICAL VALUE (2-tail, .05) = +/- .66422

#### 2.4.5. Discusión.

Del estudio correlacional se puede deducir que la fuerza máxima dinámica de los jugadores de la Selección Española no tienen correspondencia con ninguno de los otros índices, lo que puso en evidencia que era muy baja al cotejarla con los valores absolutos, tal como habíamos sospechado y que en la etapa siguiente (de preparación especial) tendríamos que corregirlo incluyendo ejercicios que la incrementaran.

Sin embargo el CMJ, que representa la fuerza explosivo elástica, esta fuertemente correlacionado con el So, que representa la fuerza explosiva. Este hecho nos indica, que en este período, aunque la contracción dominante es la pliométrica con doble ciclo, debemos seguir trabajando los ejercicios concéntricos, ya que ellos influyen decisivamente en los anteriores, por ello, continuaremos trabajando, e incluso incrementamos, la carga realizada con el ejercicio de sentadilla hasta un 53% del total, ya que este ejercicio correlaciona fuertemente con el resultado, como vimos en la correlación total (figura 2.16).

El ABA, test que nos indica el grado de coordinación de los brazos en el salto, correlaciona con el So y con el CMJ, lo que nos confirma que al trabajar la fuerza explosiva y la explosivo elástica, estamos incidiendo en la altura que podemos conseguir en el salto de remate o de bloqueo.

Con las conclusiones de los cuatro estudios realizados y el plan general diseñado para el Macrociclo Olímpico, desarrollamos la planificación que llevamos a cabo en la Etapa de Preparación Especial.

## **2.5. ESTUDIO 5º. Análisis de los resultados de la Preparación Especial.**

### **Estudio comparativo con los resultados de la Etapa de Preparación General.**

Al analizar el período de preparación general nos dimos cuenta de que era necesario incrementar nuestros niveles de fuerza máxima en este período, así como los de resistencia, siguiendo con la preparación especial de los voleibolistas de alto rango, y esto fue lo que hicimos.

Para comprobar las variaciones en estas variables, programamos la segunda toma de datos para el veinticinco de junio, justo antes de participar en el Torneo Internacional de España (Granada), y después partir para Barcelona a realizar la última etapa de preparación, la Etapa de Precompetición, con una duración de veinte días, ya dentro del Período Competitivo.

La batería se realizó en la semana de descarga.

#### 2.5.1. Método.

##### 2.5.1.1. Sujetos.

En este segundo control participaron todos los componentes del equipo Olímpico, que seguían estando en régimen de concentración en Granada, los nueve que habían estado desde el inicio: Juan Carlos Robles, Rafael Pascual, Jesús Sánchez, Francisco Hervás, Ángel Alonso, Venancio Costa, Ernesto Rodríguez y Héctor López, a los que se les agregaron los que se incorporaron en la Etapa de Preparación Especial, al finalizar la liga nacional con sus

respectivos equipos: Carlos Carreño, Francisco Sánchez y Benjamín Vicedo, con lo que nos permitiría comparar la preparación de la Selección, en régimen de concentración y la realizada por los jugadores incorporados en sus clubes y participando en la liga de club.

#### 2.5.1.2. Instrumental.

Para el estudio quinto, utilizamos el mismo material que ya habíamos utilizado en el estudio primero.

#### 2.5.2. Diseño.

Para este estudio quinto les pasamos a los jugadores la misma batería de test descrita ya en el apartado 2.2.2. en la penúltima semana de la preparación especial, justo antes de participar en el Torneo Internacional de España (Granada) y de partir para Barcelona a culminar su preparación de cara a los Juegos Olímpicos.

#### 2.5.3. Desarrollo.

Los test, al igual que en el primer estudio, se realizaron en la Sala de Musculación de la FCAFD.

Los jugadores fueron citados de media en media hora y siguieron el mismo protocolo del primer estudio que realizamos con el primer control.

Hay que recordar que había tres jugadores más y que al equipo que realizábamos los test, se nos unieron dos ayudantes, el delegado de la Selección y la fisioterapeuta, que colaboraron en la realización de la prueba.

# SELECCION ESPAÑOLA

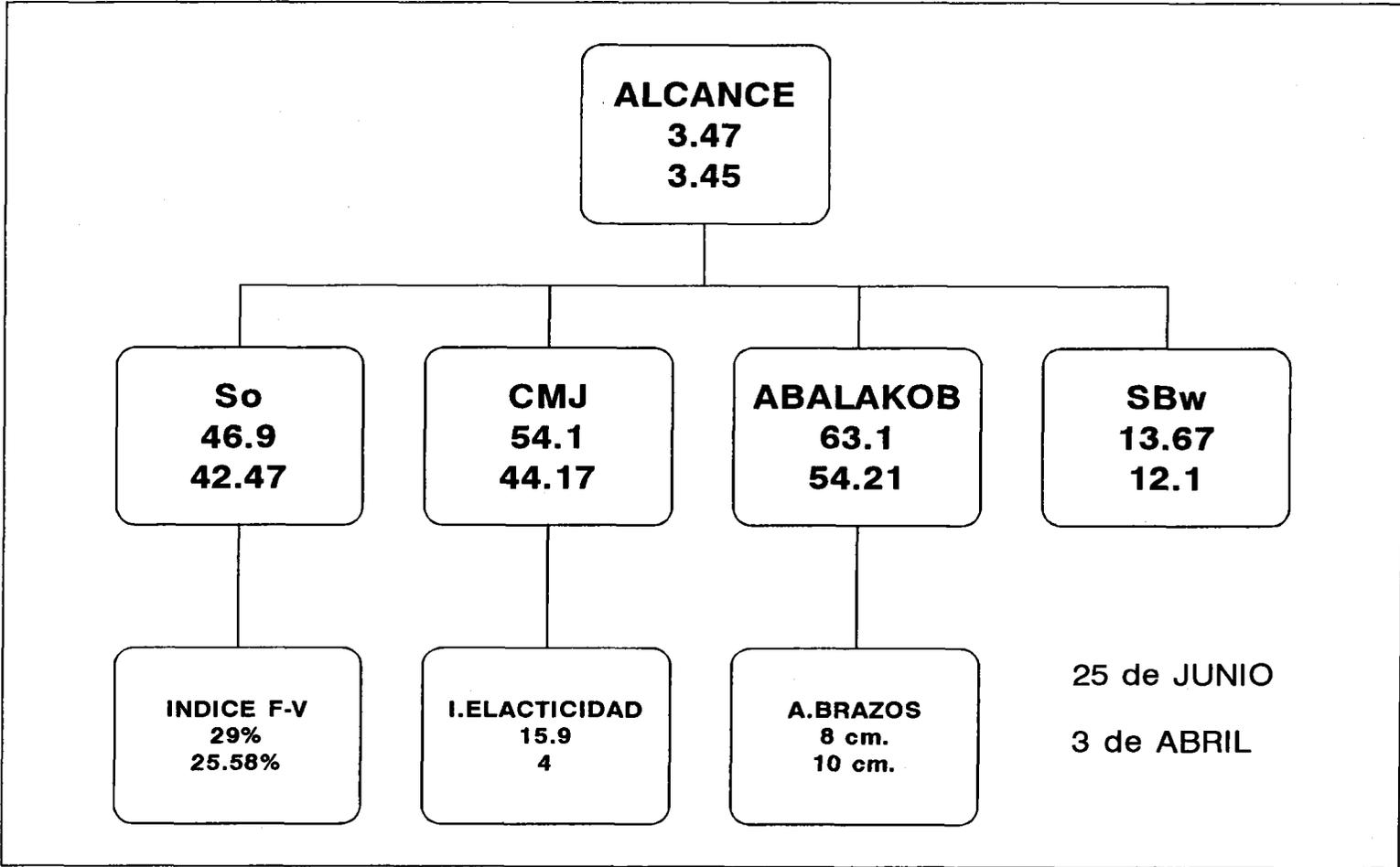


Figura 2.22: Comparación entre las Medias de los Resultados de los Test realizados por la Selección Española el 3 de Abril y el 25 de Junio.

#### 2.5.4. Resultados.

En tabla resumen de los resultados de este segundo test realizado por la Selección Española (figura 2.22), podemos ver que el despegue es de 63.1 cm, lo que contrasta positivamente con los 54.21 del etapa anterior, con un índice de fuerza velocidad de 29, lo que nos sitúa en el nivel medio, que es donde se encuentran las demás selecciones de voleibol de nivel mundial. Pero lo que más destaca en este cuadro, es el notable incremento del índice de elasticidad, pasa de 4 a 15.9, que como ya comentamos, es considerado por Bosco (1990) como muy bueno, superando a otras selecciones de nivel mundial.

La capacidad de fuerza explosiva pasa a ser de 46.9 cm., acercándonos a los esquiadores de Slalom (47.1) y sobrepasando a los corredores de 110 m. vallas con 45 o los triplistas con 43, lo que se puede señalar como un éxito ya que superamos a selecciones como la Italiana o la Soviética con 42 y con 43.3 cm respectivamente (datos de Bosco, 1990).

La fuerza elástica arroja una media de 54.1 centímetros, por encima de la selección Soviética (49.4), y de la Italiana, aunque todavía estamos por debajo de los especialistas de Slalom o de Descenso de esquí.

La capacidad contráctil obtiene un incremento de 1,5 centímetros, pasando a ser de 13,67 centímetros, pero manteniendo valores alejados de los saltadores de altura (16.3 cm), o de longitud (17.2 cm.), lo que habría que corregir en posteriores planificaciones.

Este análisis de resultados nos indicó el progreso obtenido por la selección desde el primer test; que podemos calificar de muy importante y que nos hizo reflexionar que si bien, en el período preparatorio los resultados fueron un poco bajos, el trabajo realizado era

necesario para, con una adecuada preparación especial, obtener el objetivo.

Al analizar las dos curvas de fuerza velocidad (figura 2.23), la del 3 de Abril y la del 25 de Junio, notamos un desplazamiento de la segunda hacia la derecha, demostrando un incremento en todas las zonas, zona de fuerza máxima (arriba), zona de fuerza velocidad (zona central) y zona de fuerza explosiva y potencia (zona de abajo) donde además esta curva pierde su linealidad para desplazarse todavía más a la derecha, indicando una ganancia más sustancial en este tipo de fuerza, y que Bosco (1990) y Verhoshanski (1990) relacionan con la entrada en el estado de alta forma.

El incremento en los resultados de la batería de test es generalizado, como muestra la tabla que aparece al pie de la Curva (figura 2.23) y que no hace sino corroborar la mejoría conseguida y la entrada en el período de forma, lo que aconseja, que para seguir mejorando, se debe continuar la preparación entrenando las habilidades técnico-tácticas en situaciones reales de competición.

#### 2.5.5. Discusión.

##### Informe sobre el incremento en el rendimiento de capacidades de fuerza de la selección en el período de preparación especial.

En este informe vamos a comparar el rendimiento del equipo entre el final de la etapa General y el final de la etapa Especial, lo que nos dará la influencia de la preparación especial en el rendimiento del equipo.

INSERTAR LA FIGURA 2.24

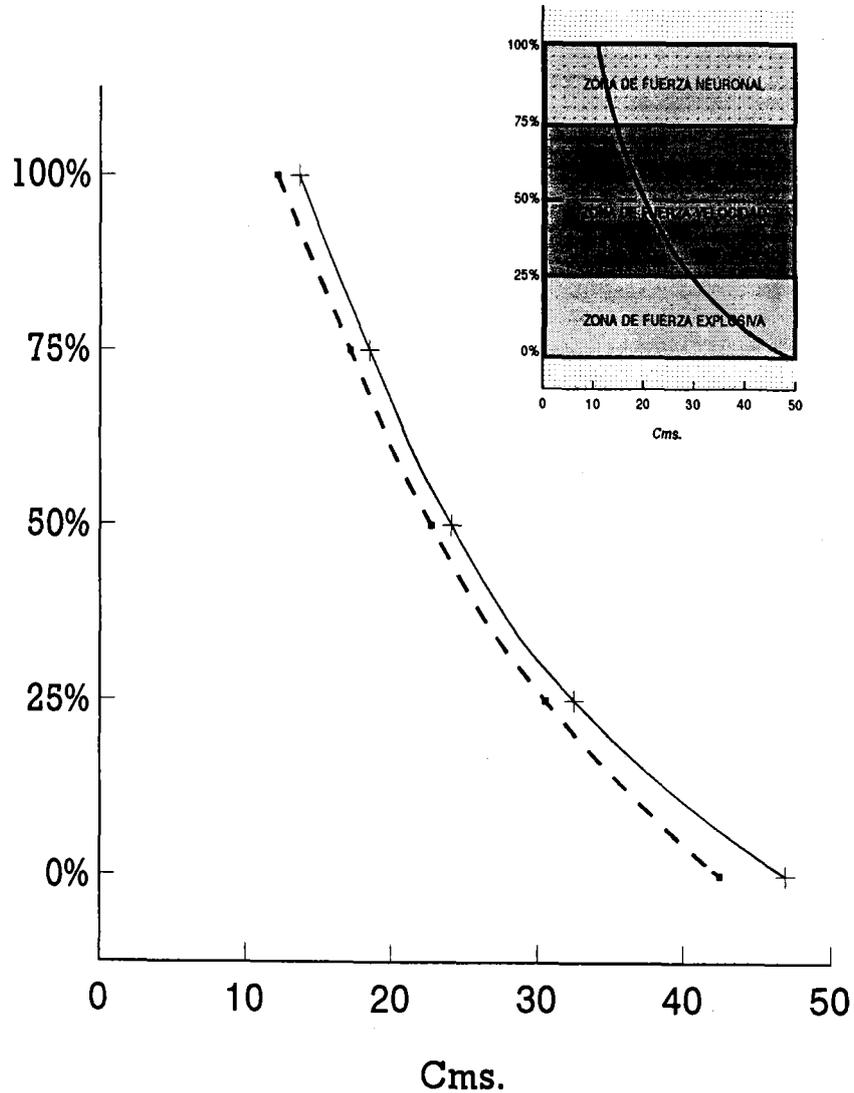
INSERTAR LA FIGURA 2.25

INSERTAR LA FIGURA 2.26

# CURVAS DE FUERZA VELOCIDAD

→ 3-Abril + 25-Junio

ZONAS DE LA CURVA  
FUERZA ACTIVA



3-Abril	12,17	17,16	22,69	30,53	42,47
25-Junio	13,67	18,5	24,1	32,5	46,9

Figura 2.23: Pretest y Postest de la Curva de Fuerza Velocidad realizada a la Selección Española.

## NIVEL DE FORMA DEPORTIVA

NOMBRE	% 25 Junio	% 3 Abril	INCREMENTO
J.C. ROBLES	80.68%	61.24%	19.44%
R. PASCUAL	90.05%	79.07%	10.98%
J. SANCHEZ	71.84%	63.4%%	8.44%
F. HERVAS	74.67%	60.46%	14.21%
A. ALONSO	80.74%	60.46%	20.28%
V. COSTA	100%	80.23%	19.77%
J. MAROTO	81.87%	79.07%	2.8%
E. RODRIGUEZ	87.05%	74.68%	12.37%
H. LOPEZ	88.24%	71.96%	16.28%
C. CARREÑO	72,73%		
F. SANCHEZ	77,64%		
B. VICEDO	76,41%		
MEDIA	83.9%	70.06%	13.84%
D.T.	8	81	

Figura 2.24: Nivel de Forma Deportiva en las dos Etapas de Preparación.

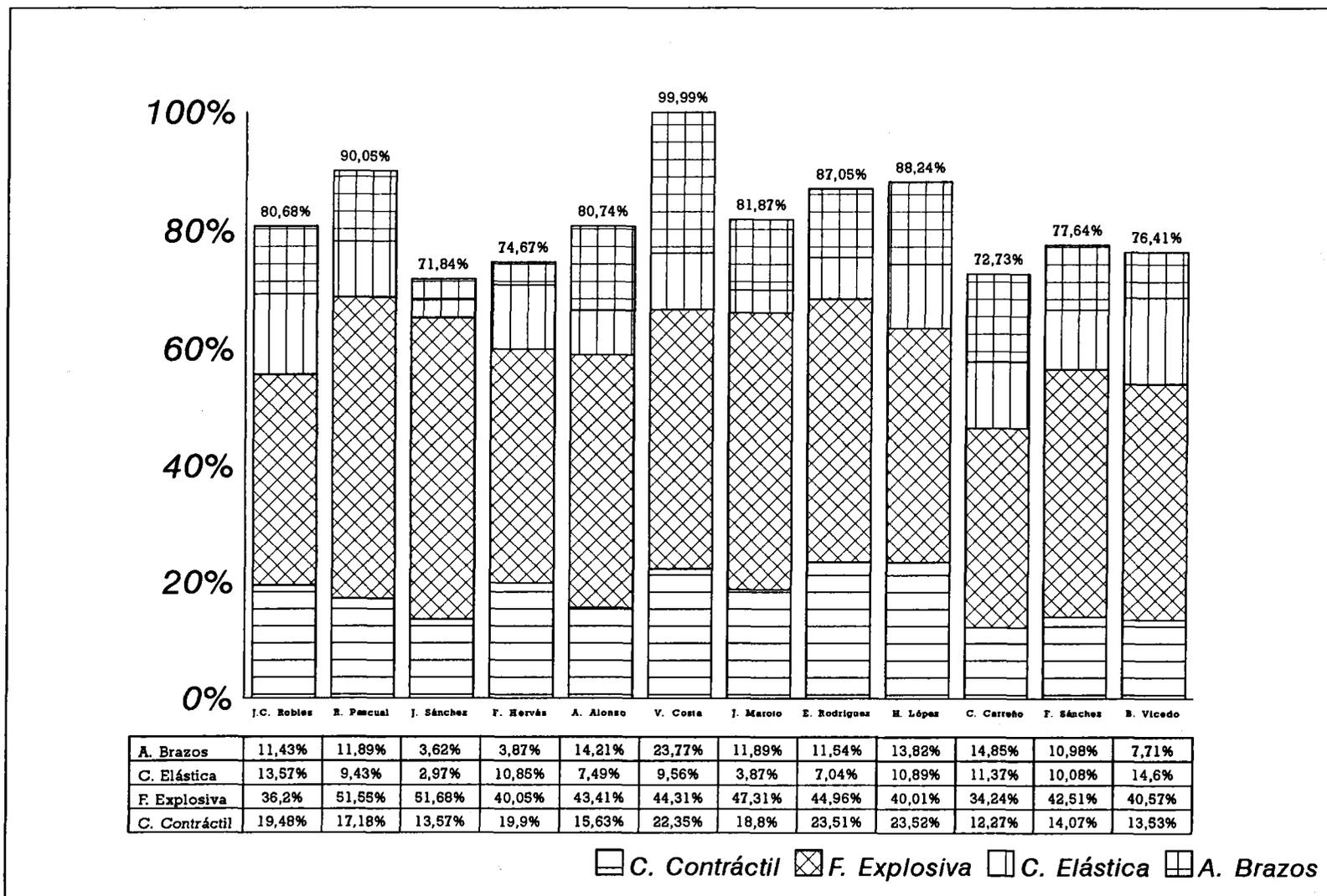


Figura 2.25: Distribución de la Fuerza de los Jugadores en la Etapa de Preparación Especial.

# PERIODO PREPARATORIO

## PREPARACION ESPECIAL

	J.C. ROBLES	V.COSTA	J.GARRIDO	J.SANCHEZ	J.M.MAROTO	A.ALONSO	H.LOPEZ	F.HERVAS	R.PASCUAL	E.RODRIGUEZ	F.SANCHEZ	B.VICEDO
60°	7580	6750	7480	6550	-	65550	7360	5150	5400	6680	6300	7900
90°	17060	22210	18410	14620	-	14620	18410	21310	23410	22210	8270	7480
120°	7460	2910	4010	7840	-	7540	4010	2910	1710	2910	6180	7080
T SENTADI	32100	35570	29900	29010	-	28710	29780	29370	30520	31800	20750	22470
CUADRICEPS	7250	7450	7450	5950	2500	5450	6450	6450	6450	6450	2950	4950
BICEPS	5000	5000	5500	5500	3000	4200	5000	5000	6000	6000	3000	4600
RESISTENCIA K	19800	18200	18200	15180	-	18670	18200	17700	19400	19200	7810	2310
PIERNAS	67760	67220	61050	55640	45960	57120	63040	62130	66070	67150	34510	41050
C. SALTOS K	440	460	520	570	170	570	520	500	490	538	160	70
C. SALTOS SK	690	490	510	480	480	460	510	472	480	472	278	328
TOTAL SALTOS	1130	950	1030	1030	630	1030	1030	972	980	1010	438	398
ARRANQUE	3465	330	3415	3900	3900	3900	3410	3330	3780	3780	4950	5650
ENVION	4305	4475	3685	3365	3365	3365	4325	3675	4475	4475	1685	2645
COMBINADA	2680	2600	2680	3200	-	3200	2800	2600	2600	2600	1200	2160
T. BRAZOS	10470	10405	9780	10465	7265	10465	10535	9605	10855	10855	7835	10455
ABDOMIN. SK	850	810	1030	750	650	850	1030	570	710	800	570	730
ABDOMIN. K	850/6200	650/4250	850/6150	750/4850	550/4000	750/5750	850/6200	650/4250	650/4250	650/4250	470/3050	650/4250
C. ABDOMIN.	1700	1460	1880	1500	1200	1600	1800	1220	1360	1450	1040	1380
C. BALON. M.	320	360	320	400	350	400	320	320	360	360	250	330
V. ESPECIAL	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
LUMBARES	505/150	340/150	235/150	255/150	225/150	235/150	235/150	300/150	340/450	340/150	330/150	390/150
TOTAL	84580	81025	77130	71105	57375	73485	79925	76135	81325	82405	45545	55905

4.05.92 al 7.06.92 (5 semanas)

Figura 2.26: Volumen del Trabajo Físico desarrollado durante la Etapa de Preparación Especial.

Indicaciones iniciales.

- (a). Como jugador modelo en cuanto a las capacidades de fuerza se toma a Venancio Costa, que obtiene los mejores resultados en los tests de Fuerza Dinámica.
- (b). Las pruebas se celebraron el 3 de Abril y el 25 de Junio de 1992 en las instalaciones de la FCAFD de Granada y con el material del Laboratorio de Análisis del Movimiento.

#### 2.5.5.1. Informe del equipo (Colectivo).

1º.- El equipo consigue situarse a un 83,9% de su rendimiento ideal (con 13 jugadores modelo), lo que significa alcanzar un rendimiento muy alto y al 100% de su rendimiento histórico con los jugadores que contaba.

2º.- La Selección incremento su rendimiento 24,12% con la preparación especial, a nivel individual y un 13,84% a nivel de Selección ideal.

3º.- Destacar que la *DT.* del equipo en todo momento se sitúa en 8, mostrando valores muy bajos.

4º.- A nivel de la Selección hay que destacar el gran incremento en el rendimiento (24,12%), fruto de la influencia del trabajo combinado de los dos períodos.

#### 2.5.5.2. Informe individual.

##### Juan C. Robles.

A pesar de su morfología este jugador se sitúa en el 80,68% del jugador ideal, incrementando su rendimiento de fuerza en este sentido en un 19,44%, pero es que a nivel individual su rendimiento es de 24,22%, que supone un cuarto de sus capacidades y demuestra la asimilación que tubo del trabajo programado. Juan Carlos se encuentra aproximadamente en la media del equipo (-3%).

### Rafael Pascual.

Se encuentra mucho más cerca de las capacidades ideales, tiene un 90,05%, incrementando su rendimiento con la preparación especial en un 23,32% a pesar de que al final del período Preparatorio se encontraba ya al 87,78% de sus posibilidades, lo que le hizo acercarse al modelo en un 10,98%, este incremento cuantitativo, representa sin embargo un gran incremento cualitativo debido al buen estado anterior y esto le hace estar un 8% por encima de la media del equipo.

### Jesús Sánchez.

Dada su constitución y trabajo anterior que le hacen tener una *estructura débil*, este jugador se encuentra al 71,84% del modelo de jugador. Durante el trabajo realizado en la selección en este período, incrementa sus capacidades en un 22,73%, acercándolas al modelo un 8,44%, estos valores cualitativos se corresponden unos valores cuantitativos aceptables, quinto lugar entre los jugadores. No obstante se encuentra un 12,1% por debajo de la media del equipo.

### Francisco Hervás.

Antes de comenzar hay que destacar que su puesto es de colocador, lo que condiciona su trabajo físico de saltabilidad y hace que en cuanto a las capacidades de fuerza se encuentre en un 74,67% del jugador ideal, acercándose a él en este período un 14,21%. A nivel individual, mucho más interesante en los colocadores que en los demás jugadores, consigue una mejora de un 26,63%, más de un cuarto de su rendimiento final. Sus capacidades de fuerza se sitúan un 9,2% por debajo de la media de la selección.

### Ángel Alonso.

Es el otro colocador de la Selección, por lo tiene los mismos condicionantes que Francisco Hervás, no obstante sus capacidades se sitúan en un 80,74%, por encima incluso de varios atacadores, teniendo uno de los incrementos más espectaculares un 20,28% con respecto al modelo y de un 25,2% a nivel individual, el mayor de todos los jugadores, demostrando que el trabajo realizado con los colocadores fue bastante acertado. A nivel general se sitúa un 3% por debajo de la media de la selección.

### Venancio Costa.

Al final de la preparación obtiene los mejores resultados en cuanto a las capacidades de fuerza aplicadas al Voleibol, por lo que lo tomamos como modelo de comparación para los demás jugadores. En este jugador estos resultados tienen más valor ya que también era el modelo al final de la preparación general y a pesar de ello obtiene un incremento en sus capacidades de un 19,77%, un quinto de su rendimiento total, lo que vuelve a reflejar lo acertado del trabajo en cuanto al desarrollo de las capacidades de fuerza de los jugadores.

### José M. Maroto.

Este jugador atravesó durante la preparación una lesión de espalda importante que le impidió entrenar con normalidad, por lo que su incremento se sitúa en el 2,8% en cuanto al modelo y de un 1,9% a nivel individual, con una mejora no significativa, que nos indica que el trabajo alternativo que se le aplicó, para no incidir sobre su lesión, no produce la misma asimilación que el método general diseñado para los demás jugadores, lo que viene a resaltar, una vez más, lo acertado de este trabajo (Trabajo reseñado en la figura 2.26).

### Ernesto Rodríguez.

Este jugador acabó el período preparatorio con un porcentaje muy alto de rendimiento, Un 85,78% de su rendimiento personal y a un 71,96% del modelo y a pesar de ello el incremento se situó en el 12,37% a nivel de grupo y en un 14,32% individual, consiguiendo estar un 4% por encima de la media del equipo. El incremento de este jugador, al igual que en el caso de Rafael Pascual, representa un porcentaje cualitativo mucho mayor de los que representan los números cuantitativamente hablando, ya que el nivel físico de partida se situaba muy alto, aunque por debajo de él.

### Héctor López.

A pesar de su somatotipo, posee una gran capacidad de salto, entre las mejores del equipo. Sus capacidades de fuerza están un 4% por encima de la media. La preparación especial le produjo un incremento de un 16,28%, hasta situarse en el 88,24% del modelo, en el tercer puesto de la selección.

Los siguientes jugadores tienen una situación especial, ya que no estuvieron concentrados durante la preparación general.

Al final de la preparación especial, a pesar de su *observable* mejoría, se situaban todavía en los últimos lugares del equipo. No obstante, Francisco Sánchez y Jesús Garrido tienen una saltabilidad aceptable, que se hubiera podido incrementar al estar cimentado su entrenamiento, como en los demás casos, con una gran preparación general, responsable de la espectacular subida al final de la etapa Espacial y que sin ella, como es el caso de estos jugadores, el incremento se vuelve moderado.

## **2.6. ESTUDIO 6°. Análisis de los medios utilizados en la Preparación Especial.**

Como ya reflejamos en el estudio segundo, la preparación física es uno de los componentes primordiales de la preparación del deportista y los medios que en ella empleamos ejercen una influencia directa sobre el desarrollo de las capacidades físicas necesarias en voleibol, cuantificadas por los test que les pasamos.

Al analizar los resultados del estudio cinco, nos dimos cuenta de la *importante* mejora que habían obtenido los nueve componentes de la Selección comparados y que esta mejora era consecuencia del entrenamiento aplicado durante la Preparación Especial, por ello cobró una especial relevancia el análisis de los medios utilizados, ya que su estudio nos permitiría reproducir en futuras preparaciones estos resultados e incluso mejorarlos.

### 2.6.1. Método.

Para el estudio sexto utilizamos los mismos jugadores analizados en el estudio cinco, y el mismo instrumental que se utilizó en el estudio dos, un microordenador 386-SX y el paquete estadístico Microstat.

### 2.6.2. Diseño.

Para este estudio sexto, utilizamos veintisiete variables, dispuestas para su estudio en dos grupos imaginarios, por un lado los medios empleados (figura 2.26) y por otro, los resultados de los test.

En los medios aparecen los nuevos ejercicios empleados, como los saltos con diferentes angulaciones de rodilla, y entre los test el alcance, medido siguiendo el protocolo de Pérez, Alonso y Samuels (1990). Esta variable la incluimos a petición del entrenador.

### 2.6.3. Procedimiento.

Para realizar este estudio seis, se cogieron los resultados de los test de cada uno de los jugadores que componían la Selección y la tabla del volumen del trabajo físico de la preparación especial, elaborada a partir de las cargas de entrenamiento que anotaba el equipo técnico.

De estos datos se cogieron las variables (Tabla 2.7) y se realizó una matriz de correlación con el paquete estadístico Microstat.

### 2.6.4. Resultados.

#### INSERTAR TABLA 2.7

Analizando la carga de este período (Tabla 2.7), vemos que disminuye su volumen total, como es lógico, y sobre todo cambia el volumen general por un gran incremento del volumen especial, con particular atención al volumen total de piernas, alcanzando el 47% de la carga del macrociclo (figura 2.4), lo que nos indica la especificidad del trabajo de piernas para el incremento de la saltabilidad, destacaremos también la fuerte correlación que hay entre todos los ejercicios que lo componen (Tabla 2.7).

Dentro del trabajo de piernas debemos destacar la importancia que tiene el ejercicio

de sentadilla, un 49% y el total de saltos que representa un 63% de todos los que se hacen en el macrociclo, además entre ellos presentan una correlación muy fuerte, .953 para sentadilla y .845 para el total de saltos.

También hay que destacar la alta correlación que se da entre los kilos movidos en sentadilla y la fuerza contráctil, indicador de la fuerza dinámica máxima de piernas del jugador, lo que justifica la importancia que se le dio en este período, mientras que el ejercicio de cuadríceps no logra correlacionar con ninguno de los test, aunque sí con el total de piernas mostrando lo adecuado de la dinámica de las cargas y la poca relación en el rendimiento, mostrándose como un ejercicio compensatorio, esto unido a que aquellos jugadores lesionados, que no realizaron sentadillas y si cuadríceps, no alcanzaron los mismos resultados en la saltabilidad, nos confirma a la sentadilla o squat como un ejercicio insustituible en la preparación de los voleibolista.

Dentro del trabajo de piernas incluimos por primera vez los saltos con diferentes angulaciones (60°, 90° y 120°), pero de todos ellos sólo obtiene correlación con los diferentes test de las capacidades de fuerza los saltos desde 90°, presentándola negativa incluso las otras angulaciones, también es 90° la única angulación que correlaciona con el total de piernas y el general, lo que nos indica lo adecuado de la diferencia de volumen entre ellos en este período y confirma las teorías de los fisiólogos y biomecánicos que destacan a esta angulación como la de mayor fuerza.

En cuanto al trabajo de tronco y brazos vemos una considerable *disminución* en cuanto a la carga del período anterior, sobre todo en el envión, aunque el total sigue correlacionando con el de piernas (.705) y el envión con casi todos los ejercicios de piernas.

En cuanto a la carga especial, llama poderosamente la atención la fuerte correlación

.999, que mantiene la velocidad especial con cada unos de los test de fuerza: Sbw, So, CMJ y ABALAKOB, así como con todos los demás ejercicios, piernas y tronco, dando fe de la importancia de este entrenamiento para la mejora del rendimiento en voleibol y lo acertado de su inclusión en la preparación especial de la Selección.

Estos resultados, se tendrán que cotejar con los del estudio de los diferentes tipos de fuerza antes de pasar al apartado de conclusiones debido a su alta relación y complementariedad, por lo que pasamos a realizar este estudio y luego extrajimos conjuntamente las conclusiones.

**TABLA 2.7**  
Matriz de Correlación de la Preparación Especial

	60	90	120	TSENTADI	CUADRICE	BICEPS	RESISTK	PIERNAS	CSALTOSK	SALTOSSK	TOTSALTO	ARRANQUE	ENVION
90	-.47847												
120	.59689	-.79278											
TSENTADI	-.10235	.87251	-.47457										
CUADRICE	.01680	.79620	-.37443	.94010									
BICEPS	-.16079	.73743	-.42312	.70099	.75715								
RESIST K	-.34512	.90431	-.52672	.87454	.78348	.64150							
PIERNAS	-.16518	.92014	-.53290	.95257	.94398	.79052	.92838						
CSALTOSK	-.36039	.82655	-.41892	.80360	.72803	.72989	.91452	.84595					
SALTOSSK	.11258	.60697	-.07942	.78304	.84497	.55142	.79940	.84522	.66432				
TOTSALTO	-.18869	.80716	-.31034	.86824	.84526	.71945	.94838	.92304	.94624	.87038			
ARRANQUE	.15364	-.69234	.47515	-.84322	-.70755	-.28861	-.65334	-.67949	-.56457	-.48157	-.58031		
ENVION	-.05466	.88919	-.55595	.92749	.93648	.82276	.86130	.97721	.78077	.79537	.85853	-.64399	
COMBINAD	.01877	.58195	-.10318	.71847	.81544	.82815	.62935	.74999	.79934	.67354	.81804	-.40849	.74504
TBRZOS	.24455	.53465	-.22210	.64876	.78058	.89690	.45272	.70480	.51384	.57384	.58684	-.26818	.79739
ABDOM SK	.62617	.24813	.00306	.48126	.53606	.37164	.38066	.49211	.37508	.53984	.48070	-.30129	.60300
ABDOM K	.48250	.23030	.20384	.45863	.61753	.36750	.47034	.54797	.45280	.79392	.64185	-.18177	.57000
CABDOMN	.58128	.28664	.11739	.55401	.66771	.47853	.46592	.59168	.47525	.72663	.62752	-.28691	.66105
CBALONM	-.04184	.48177	-.12997	.60299	.62976	.84878	.39963	.55799	.61375	.34787	.55485	-.34707	.58728
VESPECIA	.99900	.99900	.99900	.99900	.99900	.99900	.99900	.99900	.99900	.99900	.99900	.99900	.99900
LUMBARES	.11978	.04532	.06154	.10233	.17796	.10647	.05326	.15884	-.24352	.37341	.00117	.08835	.16651
TOTAL	-.09852	.88547	-.47858	.93486	.95150	.81075	.90854	.99491	.83847	.86785	.92791	-.63072	.98186
SBw	.11219	.70285	-.58120	.72849	.64774	.40197	.69491	.73960	.55614	.53693	.59872	-.63061	.77237
So	-.34139	.71484	-.61867	.62030	.44207	.68877	.61329	.58809	.70006	.18622	.54175	-.49564	.63164
CMJ	-.16061	.76105	-.78770	.65235	.56660	.64280	.57729	.66872	.47739	.30263	.44545	-.52691	.77160
ABALAKOB	.06364	.57218	-.62241	.61782	.47510	.28169	.44740	.52084	.25777	.26032	.28247	-.69897	.61665
ALCANCE	-.03053	-.16016	.48644	.00125	-.02203	.20664	-.00465	-.07747	.32812	-.01500	.20966	.06792	-.12831
	COMBINAD	TBRZOS	ABDOMSK	ABDOM K	CABDOMN	CBALONM	VESPECIA	LUMBARES	TOTAL	SBw	So	CMJ	ABALAKOV
TBRZOS	.81366												
ABDOM SK	.52863	.62451											
ABDOM K	.65467	.56073	.81142										
CABDOMN	.69919	.70694	.94311	.94033									
CBALONM	.84322	.80460	.29721	.23796	.40394								
VESPECIA	.99900	.99900	.99900	.99900	.99900	.99900							
LUMBARES	-.14914	.18488	-.10061	.06625	.00921	-.08626	.99900						
TOTAL	.78759	.75183	.54945	.61676	.65798	.57718	.99900	.16364					
SBw	.33977	.42136	.65202	.43227	.55182	.13055	.99900	-.08933	.72686				
So	.48744	.50664	.30331	-.01426	.20890	.66013	.99900	-.22378	.56269	.47985			
CMJ	.34596	.61121	.45511	.11783	.32688	.43294	.99900	.11156	.65132	.67507	.81007		
ABALAKOB	.10297	.36365	.48714	.08301	.30525	.18288	.99900	.14422	.48915	.71287	.61177	.86625	
ALCANCE	.47939	.12191	-.01551	.08887	.11135	.57919	.99900	-.40345	-.05243	-.43235	.22187	-.30956	-.42992

-----  
CRITICAL VALUE (2-tail, .05) = +/- .66422

## **2.7. ESTUDIO 7º. Correlaciones entre las diferentes manifestaciones de fuerza.**

Al analizar los resultados de los test realizados por los componentes de la Selección Española el veinticinco de Junio, nos dimos cuenta del *espectacular* incremento de sus resultados en comparación con los realizados el tres de Abril (pretest) y este incremento se basó en el cambio de medios empleados en el entrenamiento y analizados en el estudio seis.

Al analizar estos resultados nos asaltó la duda de si, como indica Vittori (1990), los diferentes tipos de fuerza habían cambiado su participación en el salto, por lo que nos decidimos a realizar el estudio de las correlaciones existentes entre los diferentes tipos de fuerza dinámica, para ver si se habían modificado.

### 2.7.1. Método.

Para el trabajo se estudiaron los diferentes tipos de fuerza en los doce jugadores de la Selección que teníamos concentrados (ver estudio cinco), y analizamos los datos, al igual que en los estudios anteriores, con el paquete estadístico Microstat en el microordenador 386-SX.

### 2.7.2. Diseño.

Para este estudio analizamos cinco variables (Tabla 2.8): SBw, S0, CMJ y ABA, al igual que en el estudio cuatro, añadiendo, a petición del entrenador, el Alcance.

TABLA 2.8

Correlaciones entre los Diferentes Test

VARIABLES	Sbw	So	CMJ	ABA
Sbw				
So	.47985			
CMJ	.67507	.81007		
ABALAKOB	.71287	.61177	.86625	
ALCANCE	-.43235	.22187	-.30956	-.42992
VALOR CRITICO	(2-TRAIL	.05)	+/- .66422	

### 2.7.3. Desarrollo.

En este estudio realizamos el estudio de las correlaciones de los diferentes tipos de fuerza en base a los test más significativos, al igual que hicimos en el estudio cuatro, al finalizar con la preparación general. Los test fueron realizados el veinticinco de Junio una semana antes de finalizar la preparación específica, condicionados por la participación de la Selección en el Torneo Internacional de España (Granada).

### 2.7.4. Resultados.

La fuerza máxima dinámica, que en el anterior período no correlacionaba con ningún otra manifestación, y que fue uno de los objetivos a conseguir en este período, vemos que ha cambiado, correlacionando con la fuerza elástica y la capacidad de coordinación. Dado que el aprovechamiento del ciclo estiramiento-acortamiento es una de los mecanismos que más ayudan a la altura del salto, esto es un índice a incrementar como objetivo de entrenamiento y su mejora muestra el éxito de las tareas que planteamos para conseguirlo. También se siguen manteniendo las relaciones que teníamos en la anterior etapa de la capacidad elástica y de los índices de coordinación, ya que al trabajar fuerza explosiva y explosivo elástica, estamos incidiendo en la altura que podemos conseguir en el salto de remate o de bloqueo.

Por estos motivos recomendamos que en el período de competiciones, que se va a iniciar, se sigan realizando trabajos concéntricos y elásticos, eso si reduciendo el volumen total, pero manteniendo los ejercicios en el mismo sentido y completando, tal como indica la teoría, con una gran cantidad de ejercicios de competición, para lo que se dispondrá la participación en torneos preparatorios.

## **2.8. Conclusiones sobre la organización temporal y la forma de estructuración del macrociclo.**

Basándonos en los estudios realizados en este capítulo ( del uno al siete) ,y en los resultados obtenidos por la selección en la Olimpiada de Barcelona, se puede concluir:

1º. En la programación para jugadores de élite se sigue manteniendo el principio de unidad de la preparación condicional general con la preparación específica desde tres puntos de vista:

1.1. Indisolubilidad, en cuanto a que las dos son necesarias funcionalmente para la preparación del jugador.

1.2. Interdependencia de contenidos. Los contenidos de la Preparación condicional especial se basan en lo desarrollado en la Preparación condicional general.

1.3. La necesidad de no separarlas manteniendo una variabilidad es sus relaciones en función del continuo perfeccionamiento.

Todo ello en contra de lo expuesto por otros autores (Portmann, 1986), que sostienen que esto sólo es aplicable a atletas principiantes. Este principio de unidad, está basado en el principio de multilateralidad e individualización, de donde deducimos que el mejoramiento de una cualidad condicional favorece el desarrollo de las demás y que las cargas multilaterales ejercen mayor influencia sobre el jugador que las unilaterales.

Todo ello se puede concluir de los resultados de los test aplicados al final de la preparación general y especial, así como por la diferencia de rendimiento con los jugadores que realizaron el sistema de preparación en sus equipos, participando en la liga nacional.

2º. Que siguiendo el principio de sobrecargas máximas, la falta de crecimiento de los resultados deportivos en los test de control en una fase determinada, al incrementar las sobrecargas de entrenamiento, no es un motivo de alarma ya que se puede alterar la medida individual del incremento de sobrecargas, demostrando que la adaptación se puede dar a *saltos* dentro de las etapas de entrenamiento. Estos saltos son justificables únicamente por cuanto han sido preparados por las exigencias del entrenamiento, de otro modo sería perjudiciales para los resultados deportivos. Estos resultados se producen a la salida de los períodos de gran volumen , continuados con etapas de alta intensidad, transfiriendo el volumen de entrenamiento a los resultados conseguidos. En los atletas de alto rango, las sobrecargas medias llevan a un incremento progresivo, suave y a su estancamiento.

Los cambios ondulatorios son regidos por la transferencia retardada del efecto acumulado del entrenamiento.



### **CAPÍTULO 3**

**EFECTO DE LA DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE IMPULSO EN LA  
EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE FUERZA EXPLOSIVA.**

## CAPÍTULO 3

### EFICACIA DE LA DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE IMPULSO EN LA EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE FUERZA EXPLOSIVA.

En Voleibol la altura del salto es importante para la eficacia de gestos técnicos como el remate o el bloqueo, pero también es substancial el tiempo que tardamos en alcanzar esa altura, ya que al disminuirlo, el jugador puede:

a) Rematar sin oposición. En la acción de remate, la iniciativa parte del atacante, con lo cual el defensor de primera línea (bloqueador) cuenta con un tiempo menor que el rematador para efectuar su oposición. Este déficit de tiempo trata de disminuirlo empleando menos tiempo en la acción de impulsión. Pero si el rematador disminuye su tiempo de impulso, obtendrá una ventaja clara al alcanzar antes su máxima altura que el bloqueador. Esta acción le permite al rematador atacar por encima del bloqueo, aún alcanzando una menor altura, lo que se vuelve muy eficaz en los remates desde detrás de la línea de tres metros, aumentando sus posibilidades de éxito.

b) Bloqueos en menor tiempo. Al contrario que en el supuesto anterior, si el que realiza la acción es el bloqueador, que normalmente parte del suelo después, le permitirá estar en el

lugar de bloqueo en menor tiempo lo que le posibilita llegar al balón al mismo tiempo que el rematador, proporcionándole el tiempo suficiente para saber a que rematador va dirigido el balón, disminuyendo el déficit de tiempo y si no va destinado a su oponente asignado, ir en ayuda de otro compañero, posibilitando la realización de un bloqueo doble o triple, con el consiguiente incremento de eficacia.

Con los estudios ocho y nueve que realizamos y que describimos en este capítulo tres, pretendíamos contestar a dos de las preguntas que efectuamos en el Planteamiento del Problema (capítulo primero) y que constituían uno de los objetivos de esta tesis (apartado 1.6), constatar que la potenciación mecánica del gesto de saltar es mayor cuando se ejecuta un *preestiramiento* previo y un *tiempo corto de acoplamiento*, con lo que se puede alcanzar la misma altura con un menor tiempo de aplicación de fuerza.

Para aconsejar esta acción a los jugadores de la Selección teníamos que cerciorarnos primero, que la altura del salto se mantiene al disminuir el tiempo de impulso por medio de una preactivación. Para ello realizamos dos estudios:

- *Estudio 8º: Influencia del tiempo de impulso en la altura conseguida.*
- *Estudio 9º: Efecto de la preactivación sobre el tiempo de impulso y la altura del salto.*

### **3.1.ESTUDIO 8°. Influencia del tiempo de impulso en la altura del salto.**

Del modelo cinemático del salto y su aplicación al voleibol (apartado 1.2), podemos suponer que el tiempo de impulso es la variable que determina la fuerza que se puede generar y por tanto el tiempo de aceleración (apartado 2.3.1) es determinante para producir una mayor velocidad final de despegue, aunque cabe recordar que un incremento excesivo en el tiempo de aplicación de fuerza, podría producir en la musculatura implicada cansancio a corto plazo, tal y como pusieron de manifiesto Perrine & Edgerton (1978) y que conlleva el efecto no deseado.

Para conocer si existe o no una relación dependiente entre el tiempo de impulso y la altura del salto llevamos a cabo el estudio octavo.

#### 3.1.1.Método

##### 3.1.1.1. Sujetos.

En la realización de este estudio octavo, participaron veinticuatro jugadores de voleibol de nivel nacional, catorce hombres y diez mujeres, y diez deportistas de otras especialidades, ocho hombres y dos mujeres, que sumaron un total de treinta y cuatro sujetos experimentales, con edades comprendidas entre los veinte y veintiocho años.

#### 3.1.1.2. Instrumental.

Para este estudio octavo, utilizamos el mismo material que ya habíamos empleado en los estudios anteriores.

#### 3.1.1.3. Diseño.

El método que empleamos para la investigación de la interrelación entre las variables fue el análisis de correlación, que nos permitiría determinar y describir de forma matemática la dependencia del tiempo de vuelo (VD) sobre tiempo de impulso (VI), con el objeto de utilizarlo en el trabajo práctico del entrenador.

En principio, el estudio se centra en la relación del tiempo de impulso sobre el tiempo de vuelo.

#### 3.1.1.4. Procedimiento.

Los deportistas cuando llegaban al control, realizan un calentamiento de quince minutos, en el que se incluyen estiramientos del *tendón de Aquiles* del Triceps Sural y de los músculos impulsores y multisaltos. Una vez finalizado el calentamiento, el deportista se coloca delante de la plataforma de presión para realizar un drop jump y se medía el tiempo de impulso y la altura conseguida.

Cada deportista realizó de dos a diez saltos, dependiendo de la estabilidad de sus parámetros. Entre cada salto se realizaba un descanso de un minuto para evitar la fatiga.

#### 3.1.2. Resultados.

INSERTAR TABLA 3.1

TABLA 3.1

Estadística Descriptiva de los datos de las dos variables estudiadas.

VARIABLE	N	MEDIA	D.S.	MEDIANA	MINÍMO	MÁXIMO
t.impulso	66	242.136	69.634	230.000	159	503
t.vuelo	66	487.515	67.428	492.500	332	705

\* Los datos de las variables se expresan en milisegundos.

Para el análisis de la dependencia entre las dos variables, se seleccionaron los dos mejores saltos de cada sujeto.

En la tabla 3.1, se muestra la estadística descriptiva de las dos variables, tiempo de impulso y tiempo de vuelo, de los dos mejores saltos de cada sujeto ( $n = 33$ ) expresados en milisegundos y en la Figura 3.1, se representó cada salto ( $N = 66$ ) por un punto en el sistema de coordenadas cartesianas, colocando en el eje de las abscisas el tiempo de impulso y en el de ordenadas el tiempo de vuelo.

INSERTAR FIGURA 3.1

Estas dos variables configuran un campo de correlación que muestra una nube de puntos, que en principio hace pensar en una correlación con ausencia de dependencia estadística.

El siguiente paso consistió en valorar el grado de dependencia entre estas dos variables por medio del coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ), que mostramos en la tabla 3.2 y confirmarlo por medio de la línea de regresión.

INSERTAR TABLA 3.2

INSERTAR TABLA 3.3

Como podemos observar en la tabla 3.2, existe un coeficiente de correlación no significativo entre las dos variables, el tiempo de impulso y el tiempo de vuelo,  $r = .120$  ( $p < .05$ ), con una  $T_{(66)} = .969$ .

## Campo de Correlación

---

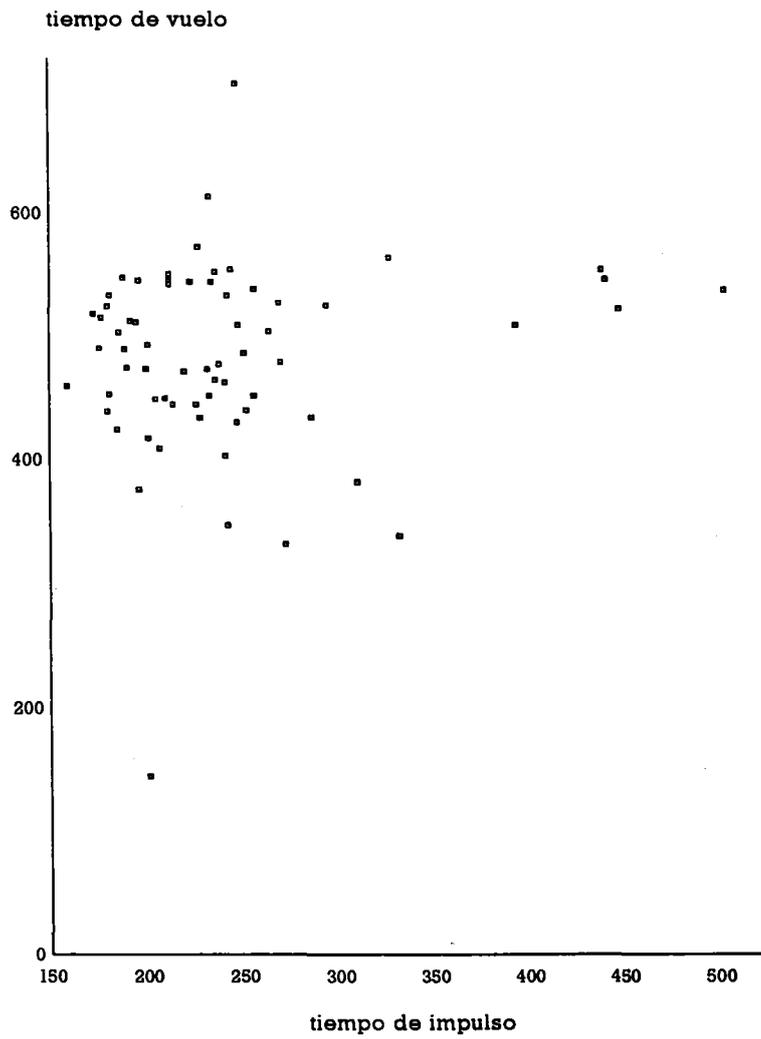


Figura 3.1: Nube de Puntos que representa el Campo de Correlación entre las dos variables.

TABLA 3.2

Coeficiente de Correlación de Pearson's entre las dos variables.

1<sup>a</sup>. tiempo de impulso; 2<sup>a</sup>. tiempo de vuelo

<i>r</i>	<i>T</i>	df
.120	.969	64

p = .336

### TABLA 3.3

Regresión Lineal entre las dos Variables

Variable Prevista (X): tiempo de impulso; Variable Dependiente (Y): tiempo de vuelo

---

---

Ecuación de Regresión:  $Y = 459.321 + .116 * X$

Significación de Pendiente:  $T = .969$

df = 64      p = .336

---

El resultado de la regresión lineal (tabla 3.3) muestra una pendiente no significativamente diferente en cero ( $T_{(64)} = .969$ ).

### 3.1.3. Discusión.

Los resultados del coeficiente de correlación de Pearson ( $r = .120$  para  $p < .05$ ) y la regresión lineal ( $T_{(64)}$  de .969), confirman lo observado en el campo de correlación (figura 3.1), que estas dos variables, tiempo de impulso y tiempo de vuelo, muestran una correlación no significativa. Además, calculando el coeficiente de determinación (D) entre ellas (ecuación 7) comprobamos que, solamente el 1.44 % del resultado, puede explicarse por la influencia mutua entre el tiempo de impulso y el tiempo de vuelo, quedando un 98.56 % que debemos explicar por la influencia de otras variables.

E.7

$$D = r^2 * 100\%$$

Donde  $r$  es el coeficiente de correlación.

Como conclusión de los datos obtenidos podemos decir que el tiempo de impulso y el tiempo de vuelo en el drop jump no tienen correspondencia, por lo que podemos manipular el tiempo de impulso sin que, en principio, el tiempo de vuelo se sienta afectado.

En base a esta conclusión, *sería posible disminuir el tiempo de impulso sin afectar al tiempo de vuelo.*

Esta afirmación nos llevo a plantear el estudio número nueve.

El efecto de la preactivación muscular sobre el tiempo de impulso y la altura del salto vertical.

### 3.2. ESTUDIO 9º. EFECTO DE LA PREAMBULACIÓN MUSCULAR SOBRE EL TIEMPO DE IMPULSO Y LA ALTURA DEL SALTO VERTICAL.

Cuando un jugador quiere disminuir su tiempo de aplicación de fuerza y seguir manteniendo su impulso neto, como medio de adelantarse a las acciones de su oponente directo, tiene que aplicar la fuerza en un menor espacio de tiempo, o sea, emplearla a una gran velocidad de contracción.

Para estudiar este fenómeno es necesario recordar que el músculo puede ser considerado como una unidad mecánica dotada de elementos contráctiles y elásticos siguiendo el modelo de Hill (1949). Hill atribuye las propiedades mecánicas del músculo a tres elementos: Un elemento contráctil activo, que responde al estímulo y dos elementos elásticos (figura 1.30), uno en paralelo (pasivo) identificándose generalmente en las vainas musculares (Komi, 1987) y uno en serie que se atribuye clásicamente a los tendones.

La elasticidad en paralelo no interviene en los movimientos deportivos, siendo la elasticidad en serie, que se encuentra en el interior mismo de la contractilidad (Cometti, 1988), en el interior del sarcolema y en el endomisio, perimisio y epimisio, la que crea tensión cuando el músculo es estirado. Basándose en este concepto, Huxley (1957) elaboró la teoría del filamento deslizante y Huxley y Simmons (1971) demostraron, que la mayor parte de la

propiedad elástica del músculo se encuentra en el interior de los puentes de actina y miosina.

Retomando el planteamiento de la disminución del tiempo de aplicación de fuerza, Tancic (1988) aconseja, que para aumentar la eficacia del salto hay que disminuir el tiempo de batida y reclutar un mayor número de miofibrillas en un corto espacio de tiempo.

Para algunos autores como Bosco (1985) o Komi (1987), el incremento de eficacia del salto no es posible mejorando el componente contráctil del músculo esquelético, sino que describen al componente elástico como el responsable de este incremento de rendimiento muscular.

Este componente elástico, solamente se activa en aquellos movimientos en los que interviene el ciclo estiramiento-acortamiento, donde la energía creada durante el trabajo negativo (estiramiento) puede ser parcialmente recuperada durante la fase siguiente de trabajo positivo (concéntrico). Esta *energía elástica* se dispersa en forma de calor (Fenn y Marsh, 1935) si la contracción excéntrica no es seguida inmediatamente de la concéntrica (fase de acoplamiento corta) (Hill, 1961; Cavagna y col., 1968; Komi, 1987). En este sentido, un movimiento veloz de fuerza es más ventajoso que un movimiento lento (Cavagna y Citterio, 1974). La energía mecánica que genera el comportamiento elástico produce una velocidad final más elevada que los movimientos en los que solamente se utilizan los elementos contráctiles (Hill, 1950).

Esta potenciación de la prestación muscular observada durante el estiramiento activo del músculo, no sólo se observa en preparados musculares en laboratorio, sino también durante la realización del salto vertical (Cavagna y col., 1971; Asmussen y Bonde-Peterson, 1974 y Komi y Bosco, 1978).

Para buscar esta disminución del tiempo de impulso y aprovechar la potenciación de los elementos elásticos, Tancic (1988), sugirió buscar la activación de los músculos flexores

plantares del pie, justo antes de tomar contacto con el suelo en la acción de impulsión, aumentando la activación fibrilar en el menor tiempo posible. Con esta preactivación también pretendíamos producir las reacciones del suelo, acortando la fase excéntrica y manteniendo la fase concéntrica del ciclo, esta acción nos permitía disminuir el tiempo de impulso sin incidir en la eficacia del salto.

Recogiendo estas sugerencias, abordamos esta investigación con el fin de comprobar que la realización de una flexión plantar del pie, instantes antes de la toma de contacto con el suelo, (precontracción) producía estos efectos y poder valorarlos.

### 3.2.1. Método

#### 3.2.1.1. Sujetos.

En el estudio noveno, participaron trece sujetos, seis jugadores de Voleibol de categoría nacional, dos deportistas de categoría nacional de otra especialidad (Atletismo) y cinco alumnos de la FCAFD, que podíamos considerar equivalentes en condición física a los jugadores de Voleibol, todos ellos varones con edades comprendidas entre los dieciocho y veintisiete años.

#### 3.2.1.2. Instrumental.

En el estudio nueve, para la captación de los registros temporales, utilizamos el mismo instrumental que ya habíamos empleado en los estudios anteriores y para la captación de los registros electromiográficos añadimos otro periférico, un módulo amplificador de EMG.

Para el análisis estadístico utilizamos el paquete estadístico *Stargraphif*.

#### 3.2.1.2.1. Módulo Amplificador EMG-905.

Para el registro de la señal electromiográfica (EMG) se siguió un procedimiento normalizado (Vila, 1983); utilizándose un módulo amplificador EMG-905 de la marca Lética, regulado para una señal integrada (IEMG), con una ganancia de mil microvoltios. Desde la salida de cada módulo se estableció una conexión cableada hacía el canal A/D del panel de conexiones de la tarjeta convertidora y de ahí pasaba a los canales de registro del microordenador portátil (frecuencia de captación de 1000 Hz).

La captación de la señal de IEMG se realizó mediante electrodos de superficie de 8 milímetros de superficie de contacto colocados de la siguiente forma:

1º. Gemelo: Los electrodos activos se colocaron a 10 y 18 centímetros del origen del gemelo interno.

2º. Cuádriceps: Los electrodos activos se colocaron en el músculo vasto externo a veinte y treinta centímetros del borde superior externo de la rótula.

El electrodo de tierra se colocó equidistante de los dos activos, en el centro del cuerpo muscular. El lugar de colocación de los electrodos se limpió previamente con alcohol etílico y se utilizó gel electrolítico para EMG. Para la fijación de los electrodos se utilizaron bandas elásticas especiales para cada músculo, de forma que no variara la posición de los electrodos durante la realización de los saltos, permitiendo al deportista saltos máximos.

#### 3.2.2. Diseño.

Estimamos que el diseño más efectivo para estudiar la influencia entre la preactivación muscular (VI) sobre el tiempo de impulso (VD) manteniendo el tiempo de vuelo constante, era un diseño intragrupo, con dos condiciones experimentales, a) Sin pretensión y b) Con

pretensión.

El trabajo se centro en ver la respuesta del tiempo de impulso y del tiempo de vuelo al manipular la variable independiente.

### 3.2.3. Procedimiento.

Se consideró que la prueba mas efectiva para determinar la influencia de la preactivación sobre el tiempo de vuelo era la realización de drop jump consecutivos máximos, sin que interviniera la fatiga, por ello enlazamos cinco saltos, de forma que la caída de un salto se transformaba en el impulso de frenado del siguiente salto, produciéndose en ella la manipulación de la condición experimental, en la *condición a*, el sujeto realizaba el salto sin ninguna información previa, por lo que no realizaba preactivación, y en la *condición b*, se les entregaba previamente a las ejecuciones una hoja de instrucciones (anexo B) para realizar preactivación de los músculos impulsores, al objeto de reducir el tiempo de impulso, disminuyendo el impulso de frenado y manteniendo el de aceleración como indica Tancic (1988).

Para la ejecución de los saltos, los participantes siguieron el mismo procedimiento del estudio octavo.

Los sujetos, cuando llegaban al laboratorio, realizaban un calentamiento de quince minutos, en el que incluimos estiramientos del tendón de Aquiles del Triceps Sural y de los músculos impulsores y multisaltos.

Una vez finalizado el calentamiento, el deportista se colocaba delante de la plataforma de presión-interruptor para realizar los cinco saltos consecutivos en la condición experimental *a*. Al finalizar se media el tiempo de impulso y el tiempo de vuelo de cada uno de los saltos y se anotaban en la hoja de registro (anexo A).

A continuación, después de descansar dos minutos, el sujeto se volvía a colocar delante de la plataforma de presión y realizaba otros cinco saltos consecutivos en la condición experimental *b*, después de haber leído las instrucciones para realizar esta nueva prueba (anexo B, instrucciones para la condición experimental *b*), y se volvían a medir las variables.

Para considerar la prueba válida, los saltos debían sobrepasar una altura mínima tres centímetros por debajo del salto máximo, calculado previamente en base al protocolo expuesto en el apartado 2.2.2.1.8 para el Drop Jump

Para el análisis estadístico de la prueba se realizó la media de los cinco saltos que realizaba.

### 3.2.3. Resultados

#### INSERTAR TABLA 3.4

Del análisis de la tabla 3.4 se puede deducir que existe diferencia entre las medias del tiempo de impulso en las dos condiciones experimentales, *sin pretensión* (318.6 milisegundos) y *con pretensión* (208.4 milisegundos), mientras que la diferencia es mucho menor para el tiempo de vuelo a favor de la condición *con pretensión* (525.9 por 514.3 para *sin pretensión*) para  $n = 13$ .

Para corroborar esta primera impresión, realizamos un análisis de varianza de medidas repetidas que nos indicaría la significatividad de esta diferencia en las medias.

#### INSERTAR TABLA 3.5

#### INSERTAR TABLA 3.6

**TABLA 3.4**

Medias y Desviaciones de los Datos de las Variables Estudiadas  
en las dos Condiciones Experimentales.

VARIABLE	N	CON PRETENSIÓN		SIN PRETENSIÓN	
		MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.
t.impulso	13	318.6	64.3	208.4	30.3
t.vuelo	13	514.3	28.1	525.9	46.9

\* Los datos de las variables se expresan en milisegundos.

**TABLA 3.5**

Resumen ANOVA entre el tiempo de impulso sin pretensión y con pretensión.

FUENTE	GL	SC	MC	F
Entre niveles	1	78980.25	78980.25	6.15*
Error	12	60724.25	2530.18	
Total	13	139704.5		

\* p = 9.298324E -06

p < .001

TABLA 3.6

Resumen ANOVA entre el tiempo de vuelo sin pretensión y con pretensión.

FUENTE	GL	SC	MC	F
Entre niveles	1	468.75	486.75	.314*
Error	12	17936.25	1494.69	
Total	13	18405		

\* p = .586

p < .6

Los resultados del análisis de varianza para medidas repetidas (ANOVA) para comprobar la significación de la diferencia de medias en el tiempo de impulso en las dos condiciones experimentales (tabla 3.5) confirmó lo observado en la estadística descriptiva, que la diferencia es significativa ( $p < .001$ ) entre las dos condiciones experimentales, con una  $F = 31.215$  (tabla 3.5).

En cuanto al tiempo de vuelo, el ANOVA para medidas repetidas realizado para detectar si existían diferencias significativas entre las medias de las dos condiciones experimentales, muestra que no existe una diferencia significativa ( $p > .05$ ) entre las dos condiciones experimentales, con una  $F = .314$  (tabla 3.6).

Estos datos nos hacen pensar que ha existido una disminución del tiempo de impulso en la condición experimental con pretensión sin que se haya visto afectada la otra variable, el tiempo de vuelo, que representa la altura del salto.

Para determinar a que era debido esta disminución, realizamos la media de los valores IEMG para los cinco saltos, en las condiciones experimentales para cada sujeto ( $n = 13$ ) tabla 3.7.

Del análisis de los datos de la tabla 3.7 se desprende que la reducción del tiempo de impulso se realiza a expensas del tiempo que el músculo tarda en alcanzar su máxima actividad eléctrica durante la aplicación de fuerza (tIEMG máx.) que es menor en la condición experimental *con pretensión* (133.9 milisegundos por 237.9 de la condición *sin pretensión*).

INSERTAR TABLA 3.7

TABLA 3.7

Medias y Desviaciones de los Valores de IEMG Estudiados  
en las dos Condiciones Experimentales.

VARIABLE	CON PRETENSIÓN			SIN PRETENSIÓN	
	N	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.
IEMG <sub>1</sub>	13	357.2	145.9	459.3	156.3
IEMG <sub>2</sub>	13	176.7	81.2	270.7	107.3
IEMG <sub>1</sub> máx.	13	837.4	156.7	836.3	168.1
IEMG <sub>2</sub> máx.	13	750.7	197.3	698	177.2
t.IEMG <sub>1</sub> máx.	13	237.9	72.5	133.9	25.7
t.IEMG <sub>2</sub> máx.	13	210.6	68.6	118.7	29.6

\* Los datos de las variables temporales se expresan en milisegundos. Los datos de las variables electromiográficas en microvoltios.

ABREVIATURAS: IEMG. Amplitud del registro en el momento de tomar contacto con el suelo.

IEMG máx. Máxima amplitud del registro.

t.IEMG máx. Tiempo que tardan en alcanzar el IEMG máx.

1. Flexores plantares del pie.

2. Extensores de la pierna

#### 3.2.4. Discusión.

Los resultados ponen de manifiesto que, cuando se realiza la precontracción, existe una reducción en el tiempo de aplicación de fuerza, mientras que su efecto es nulo sobre la altura alcanzada por el centro de gravedad del sujeto durante el salto. Dicha reducción en el tiempo se hace, en gran medida, a expensas del tiempo que tarda la musculatura en alcanzar su máxima actividad eléctrica.

Puede constatar que la precontracción provoca en la musculatura implicada en el salto una activación previa, la cual produce un incremento de la actividad eléctrica instantes antes de tomar contacto con el suelo. Este incremento previo hace que el tiempo en alcanzar su máxima actividad sea menor, ya que los valores máximos no se modifican. Se puede decir que el tiempo de aplicación de fuerzas está íntimamente ligado con la preactivación muscular que se realiza como consecuencia de realizar la precontracción de los flexores plantares justo antes del momento de tomar contacto con el suelo en el momento de la batida. Este resultado corrobora la sugerencia práctica de Tancic (1988) de que para aprovechar la potenciación de los elementos elásticos hay que realizar una activación de los músculos flexores plantares del pie justo antes de tomar contacto con el suelo en la acción de impulsión, aumentando la activación fibrilar en el menor tiempo posible y la tesis de que se puede disminuir el tiempo de impulso manteniendo la altura del salto por medio de la preactivación muscular.

Las conclusiones que nos aporta este estudio, nos llevan a plantear, una vez comprobado que la preactivación es el mecanismo que hace disminuir el tiempo de impulso y hacerlo sin afectar la eficacia del salto, el como hacerlo.

La primera cuestión es obvia,

- ¿ Será suficiente el entrenamiento general que realiza normalmente un equipo durante su etapa de preparación, para que el voleibolista aprenda a realizar este gesto?.

Si no fuera suficiente con el entrenamiento,

- ¿ Qué método tendríamos que utilizar para que se aprendiera?.

Contestar a estas preguntas nos llevó a emprender un nuevo trabajo de investigación que dio paso al capítulo cuarto.



## **CAPÍTULO 4**

### **ENTRENAMIENTO DE LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE IMPULSO.**

#### 4. ENTRENAMIENTO DE LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE IMPULSO.

El objetivo central que nos proponíamos en este capítulo era formar el hábito en el jugador de efectuar esta acción en competición, mejorando su rendimiento en juego.

El aprendizaje supone una actividad por medio de la cual se adquieren, retienen, y utilizan el conocimiento y la habilidad (Puga, 1969). Aprender significa que se ha producido un cambio en la respuesta del jugador, una modificación en su conducta. Para ello, el que aprende inicia un proceso activo de adaptación, que precisa de un esfuerzo encaminado a un fin (Schmidt, 1988).

Una definición acertada de aprendizaje nos la ofrece Magill (1988): Proceso de modificación de conducta, más exactamente un cambio estable de la conducta como consecuencia de la práctica.

Siguiendo los planteamientos de Matveev (1983), este tipo de aprendizajes se debe incluir en la Preparación General, como un medio de complementar las habilidades que constituyen la premisa para la formación de los gestos técnicos del voleibol.

Ante este aspecto nos planteamos,

- ¿ Será suficiente con la introducción de ejercicios encaminados a disminuir este tiempo de impulso en la preparación general, unidas a las indicaciones del entrenador?.

Estudiamos el período de preparación (un mes) del equipo femenino de voleibol universitario para comprobar si el sistema tradicional de preparación ofrecía a las jugadoras este aprendizaje.

## **4.1. Estudio 10º. Influencia de un Entrenamiento Tradicional en la Disminución del Tiempo de Impulso**

Antes de comenzar cualquier intervención, teníamos que conocer como varia esta habilidad con el entrenamiento tradicional, utilizando, por así decirlo, un grupo de control, en el sentido de que en él no manipulábamos la variable, para ver la evolución de la Variable Dependiente (tiempo de impulso) durante el período de preparación.

### 4.1.1. Método.

#### 4.1.1.1. Sujetos.

Para realizar este estudio décimo, escogimos el equipo Universitario de Granada, que compete en categoría nacional femenina.

De este equipo participaron nueve jugadoras, con edades comprendidas entre los dieciocho y los veinticinco años, con una historia de entrenamiento de seis años de media.

#### 4.1.1.2. Instrumental.

En este estudio diez utilizamos la plataforma de presión-interruptor (descrita en el apartado 2.2.2.1.3.2), el microordenador Toshiba con tarjeta DT-2801A (apartado 2.2.2.1.3.3)

y el goniómetro electrónico IBv (apartado 2.2.2.1.3.1) que ya habíamos utilizado para el control de la fuerza dinámica de la Selección olímpica y en los estudios 8 y 9 del capítulo tres. Pero para la adquisición de los datos utilizamos un software desarrollado por el grupo de investigación Análisis del Movimiento Humano, con una subvención del Plan Nacional I+D.

#### 4.1.1.2.1. Software de Adquisición de Registros.

Todo el proceso de adquisición de datos estaba regulado por el software de control propio, programado para recibir datos durante tres segundos (figura 4.1).

INSERTAR FIGURA 4.1

Después de cada ensayo, en la pantalla aparecía una ventana (figura 4.2) automáticamente donde se indicaba el número de saltos realizados, tiempo de impulso, tiempo de vuelo, altura conseguida y potencia de cada salto, o bien la potencia de forma promediada, en función de como hubiéramos definido los parámetros del registro.

INSERTAR LA FIGURA 4.2

INSERTAR LA FIGURA 4.3

El software informático que desarrollamos estaba programado en su estructura básica en lenguaje Basic, compilado con Power-Basic (Zsoft), las rutinas de medida, al necesitar una precisión de milésimas de segundo junto a las lecturas de los puertos exteriores, se programaron en Ensamblador obteniendo el código objeto con el compilador Macroassembler.

TEST	PROTOCOLO	Menú	EJECUTAR	SISTEMA												
A T E S T A																
Leyenda Parámetros		<table border="1"> <thead> <tr> <th>título</th> <th>descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tiempo (s.)</td> <td>3.00</td> </tr> <tr> <td>Saltos</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Desde FUERA</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Repetir</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Representar</td> <td>Si</td> </tr> </tbody> </table>			título	descripción	Tiempo (s.)	3.00	Saltos	1.00	Desde FUERA	No	Repetir	1.00	Representar	Si
título	descripción															
Tiempo (s.)	3.00															
Saltos	1.00															
Desde FUERA	No															
Repetir	1.00															
Representar	Si															
Saltos: 3 segundos 10 saltos		Fichero gráfico: GRAFIC														
Comienzo DENTRO de la alfombrilla		Verificar graficamente: Si														
Veces que se repite: 1		Almacenar puntos de corte: Si cálculos: Si														
Calcular: N <sup>2</sup> de saltos; Tpo. de vuelo; Altura; Tpo. de impulso; Potencia;																
A Ayuda a																
Indicar si se representará gráficamente el registro.																

Figura 4.1. Ventana programa informático de la definición de parámetros

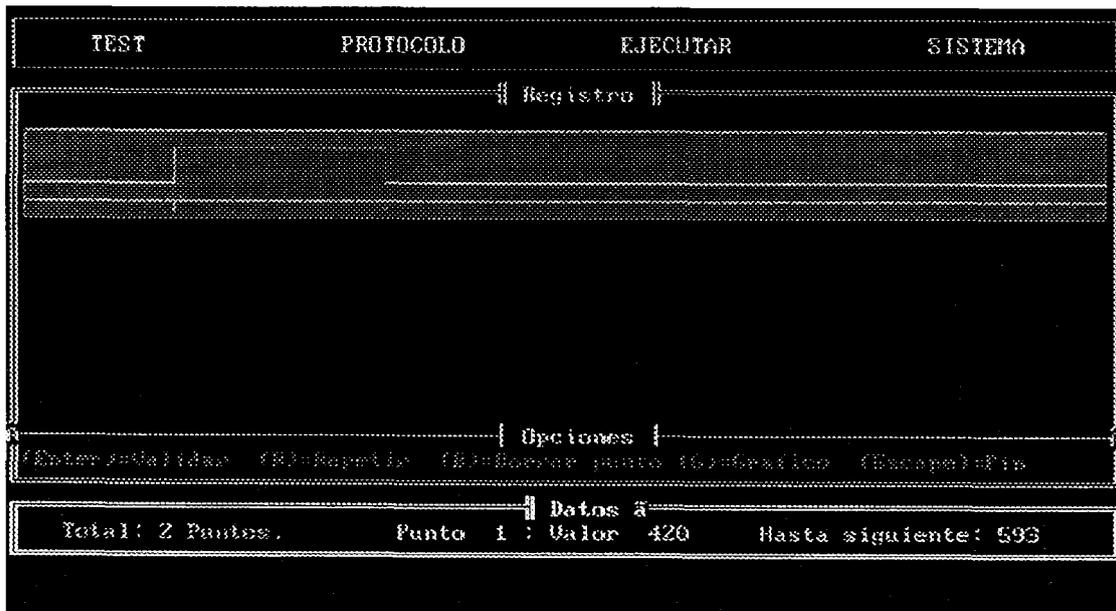


Figura 4.2. Ventana programa del Conocimiento de Resultados

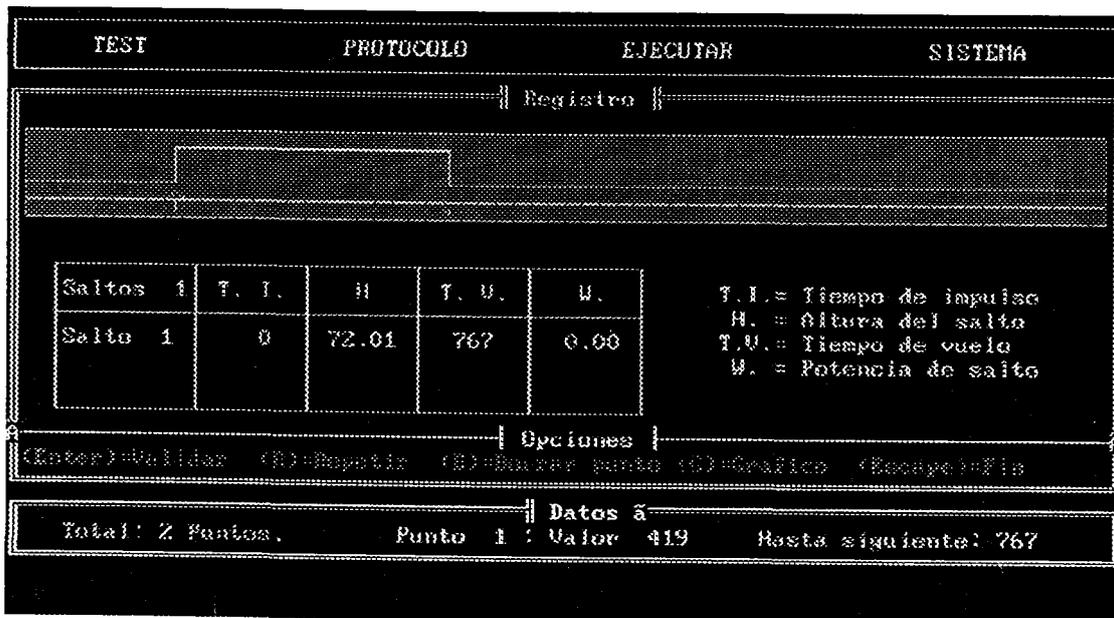


Figura 4.3. Ventana del ensayo

El software, a través del puerto paralelo (interrupción 17H del DOS) lee el cambio de estado de la comunicación exterior-interior, discriminando el nivel de señal, que activa el Bit-7 cuando se produce la conexión.

Este Sistema nos permitía:

- a). Mayor simplicidad al introducirse una canalización de la señal procesable por el computador utilizando el propio convertidos A/D del puerto paralelo del microordenador portátil.
- b). Mayor transportabilidad al prescindir de periféricos.
- c). El procesamiento de la señal antes de ofrecer los tiempos es mínimo.
- d). Permite aportar instrucciones previas a las acciones a realizar. Información Inicial.
- e). Registros temporales y cálculo automático de la potencia del salto.
- f). Posibilidad de aportar gráficamente y de forma acumulada dicha información al sujeto.
- g). Almacenamiento de los datos.

#### 4.1.1.3. Diseño.

La estrategia implica un grupo que no recibió un tratamiento experimental para influir sobre la variable dependiente (VD), el tiempo de impulso, sino que realizaron el entrenamiento físico y técnico-táctico que utilizan normalmente en esta etapa de la temporada.

Para determinar si la VD evolucionaba a lo largo de un período de entrenamiento (Etapa de Preparación General), el grupo fue medido sobre esta variable. Si la medida final (postest) presenta una diferencia significativa sobre la primera (pretest), este cambio significa que el entrenamiento que vienen realizando (variable independiente) tiene un efecto positivo sobre el tiempo de impulso (VD), en caso contrario se podrá concluir que el entrenamiento habitual no

es suficiente como para influir sobre el tiempo de impulso.

El entrenamiento físico que utilizó el equipo Universitario femenino, está representado en la figura 4.4

INSERTAR FIGURA 4.4

#### 4.1.1.4. Procedimiento.

Después de realizar un mesociclo de Introducción (apartado 2.2.1.1.1) y antes de la etapa de Preparación Especial, el equipo realizó una etapa de Preparación General sobre el que realizamos el estudio diez.

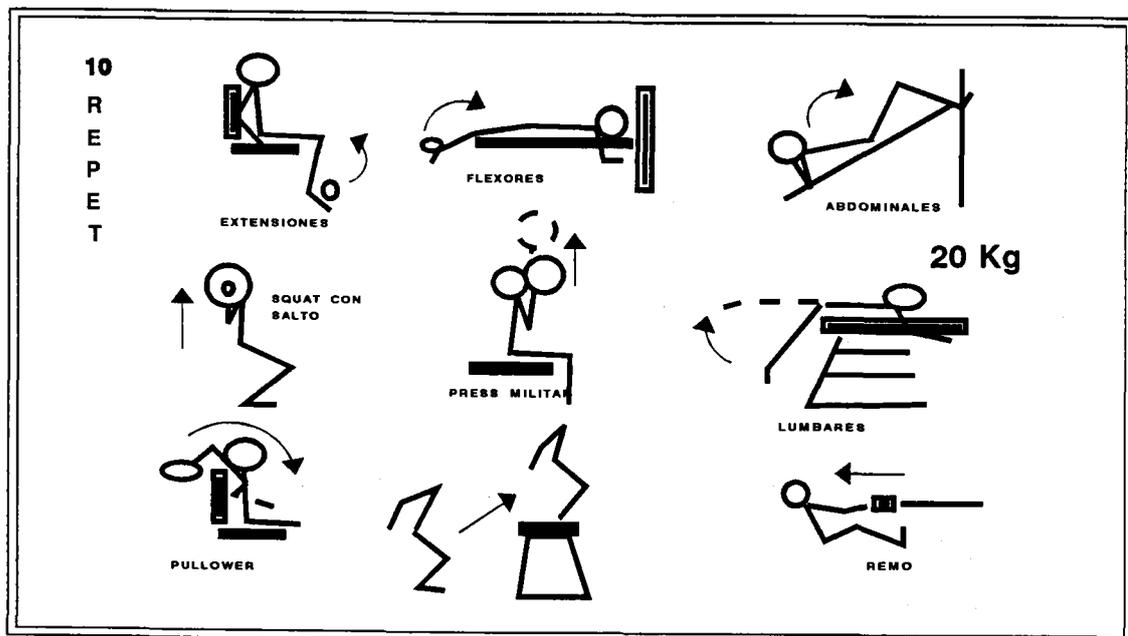
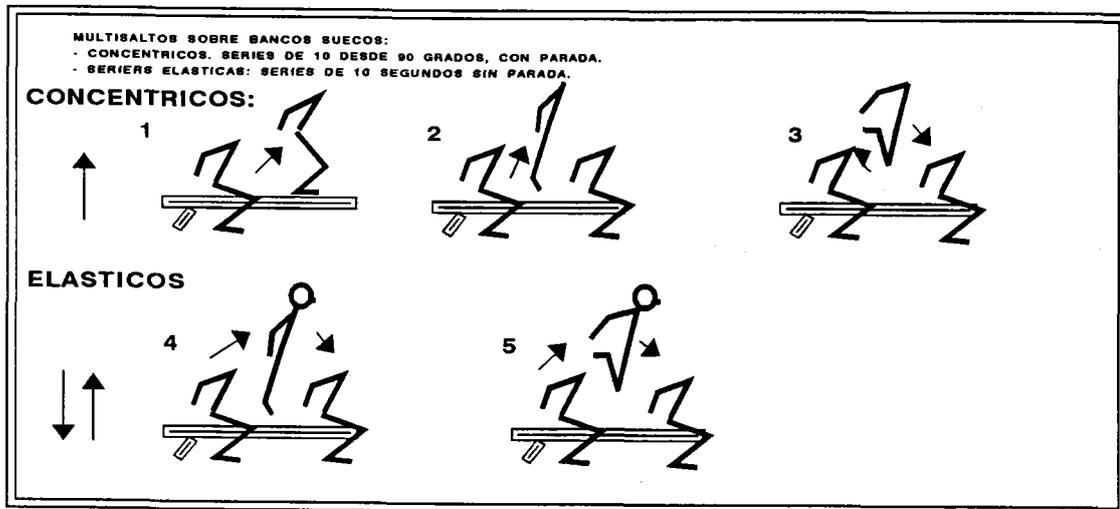
Antes de comenzar esta etapa, las jugadoras participantes en el estudio décimo, se sometieron a la realización del pretest, por medio de la realización del drop jump (descrito en el apartado 2.2.2.1.8), incluido dentro la batería de test que incluimos para la valoración y el control de la fuerza dinámica (apartado 2.2.2).

El protocolo empleado para conseguir los datos es el mismo que empleamos con la Selección y que viene en el apartado 2.2.2 del capítulo dos de la esta tesis, una muestra de la tabla de control que utilizamos se muestra en el anexo A (hoja de registro para la batería de test de fuerza dinámica).

Al mes siguiente, antes de darle un cambio a la orientación del entrenamiento hacía la Preparación Especial, teníamos preparado el segundo control, que aprovechamos para utilizar como postest para las nueve jugadoras participantes en el estudio décimo.

Entrenamiento Físico para la Etapa de Preparación General.

L	M	X	J	V	S	D
MULTIBALTOS (100)	CIRCUITOS (5)	TECNICA	CIRCUITOS (5)	TECNICA	DESCANSO	PARTIDO



EL PESO DE LAS SOBRECARGAS SERA DEL 50% DEL PC.

Figura 4.4: Sistema de Entrenamiento Físico utilizado por el Equipo Universidad de Voleibol durante la Etapa de Preparación General.

#### 4.1.2. Resultados.

##### INSERTAR TABLA 4.1

Al analizar la tabla 4.1, correspondiente a la estadística descriptiva, podemos observar que existe una pequeña diferencia en los valores de la variable estudiada, tiempo de impulso, entre el pretest, con una media de doscientos veintiún milisegundos y el posttest con una media de doscientos tres milisegundos a favor del posttest.

##### INSERTAR TABLA 4.2

Al contrario ocurre al observar la tabla 4.2, que el posttest del tiempo de vuelo es ligeramente superior, media de cuatrocientos noventa y seis milisegundos por los cuatrocientos sesenta y siete milisegundos obtenidos de media por las participantes en el pretest, lo que significa que han incrementado la altura de salto en la etapa de Preparación General.

##### INSERTAR TABLA 4.3

Para valorar el grado de correlación entre las variables en las dos momentos en que se midieron realizamos una correlación (tabla 4.3).

Si analizamos la tabla 4.3, podemos decir que no existe correlación entre el tiempo de impulso y el tiempo de vuelo ni en el pretest,  $r = .0101$  ( $p < .05$ ), ni en el posttest,  $r = .0606$

TABLA 4.1

Estadística Descriptiva de los Datos del Tiempo de Impulso  
en el Pretest y el Postest.

MEDIDA	N	MEDIA	D.S.	MINÍMO	MÁXIMO
Pretest	9	221	29	181	270
Postest	9	203	21	172	226

\* Los datos de la variable se expresan en milisegundos.

TABLA 4.2

Estadística Descriptiva de los Datos del Tiempo de Vuelo  
en el Pretest y el Postest.

MEDIDA	N	MEDIA	D.S.	MINÍMO	MÁXIMO
Pretest	9	467	38	405	517
Postest	9	496	38	446	542

\* Los datos de la variable se expresan en milisegundos.

TABLA 4.3

Matriz de Correlación entre el tiempo de impulso y el tiempo de vuelo  
en el Pretest y el Postest.

	timp-1	tv-1	timp-2	tv-2
tv-1	-.0101			
timp-2		-.1342		
tv-2	.1174		-.0606	

\* Valor Crítico (2 colas, .05) =  $\pm$  .6642.

ABREVIATURAS: timp. tiempo de impulso; tv. tiempo de vuelo; 1. pretest; 2. postest

( $p < .05$ ), confirmando las conclusiones del estudio octavo.

Para comprobar la hipótesis estadística de que las dos medias (pre y posttest) de la variable dependiente (tiempo de impulso), no son diferentes, aplicamos un análisis de varianza de medidas repetidas en el que obtuvimos una  $t$  de 2.213 ( $p < 05$ ), cuando el valor en las tablas para esos grados de libertad nivel de significación es de 3.63, por lo que podemos afirmar que los tiempos de impulso entre las dos pruebas (pretest y posttest) no difieren significativamente.

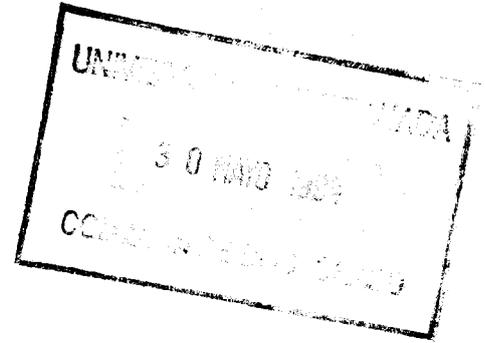
#### 4.1.3. Discusión

De los resultados obtenidos se pone de manifiesto que con el entrenamiento que realizaron las jugadoras (figura 4.1) durante su etapa de Preparación General, no disminuye el tiempo de impulso de forma significativa, como muestra el ANOVA de medidas repetidas que realizamos con los resultados de tiempo de impulso obtenidos en las dos pruebas por las jugadoras, por tanto, si queremos obtener las ventajas de la disminución del tiempo de impulso que expusimos en el Capítulo 3, tendremos que suplementar este trabajo en el sentido de las conclusiones del estudio noveno, para obtener los resultados prefijados.

Este entrenamiento suplementario, con el objetivo de realizar una preactivación de los músculos extensores del pie que mejore la eficacia del salto (Tancic, 1988) se puede realizar en base a dos estrategias diferentes,

- a). Potenciación de los músculos implicados en la acción con el fin de acortar el tiempo de impulso, de forma específica.
- b). Aprendiendo a realizar la acción correctamente.

Puede existir un tercero que combine estas dos actuaciones de forma secuencial. Para determinar cual de ellas era la mejor, realizamos el estudio once, que describimos en el apartado siguiente.



## **4.2. ESTUDIO 11°. ENTRENAMIENTO DE LA DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE IMPULSO SIN AFECTAR LA EFICACIA DEL SALTO**

Con este estudio pretendíamos desarrollar el quinto objetivo de los expuestos en la introducción y constituye la fase terminal de los estudios 8,9 y 10. En él se incluyeron los métodos de aprendizaje del gesto como variables independientes en los estudios.

En este estudio continuamos usando para la adquisición de los datos, el software específico desarrollado por el grupo de investigación Análisis del Movimiento Humano por las mejoras que suponía con respecto al anterior software comercial en cuanto a portabilidad, rapidez y fiabilidad.

### 4.2.1. Método

#### 4.2.1.1. Sujetos.

Para realizar el estudio once, se cogieron como participantes a nueve alumnos de la FCAFD, tres mujeres, con veintitrés, veinticuatro y veinticinco años entre cincuenta y sesenta y tres kilos de peso y seis varones entre los veinticuatro y veintisiete años y los sesenta y siete y los setenta y ocho kilos de peso, que practicaban deporte regularmente seis días por semana a nivel de mantenimiento de su condición física y se presentaron voluntariamente.

Además, para comprobar el efecto del aprendizaje en sujetos entrenados anteriormente para disminuir su tiempo de impulso por medio de aprendizajes con feedback propioceptivo, escogimos a un velocista como sujeto número diez.

El sujeto número diez, tenía veinticinco años y un peso de setenta y cinco kilos. Estudiaba quinto curso en la FCAFD, y llevaba ocho años de entrenamiento controlado en esta disciplina del atletismo.

El sujeto tenía como características más sobresaliente, cuando empezamos a entrenarlo, en la evaluación de sus capacidades de fuerza dinámica una gran fuerza máxima dinámica, pero poca fuerza reactiva, que le impedía tener un tiempo de impulso del nivel de la élite nacional y que además estaba condicionando su tiempo en los cien metros, ya que en base a su fuerza máxima debería tener mejor tiempo.

En los cuatro años que llevábamos dirigiendo su entrenamiento de fuerza, el objetivo que nos habíamos marcado fue mantener su fuerza máxima en los niveles de los velocistas nacionales e ir incrementando su fuerza reactiva, para que disminuyera su tiempo de apoyo, con el consiguiente incremento de frecuencia de zancada y la disminución del tiempo de cien metros. Este objetivo lo fuimos cumpliendo como lo muestra la disminución de sus tiempos de impulso (tabla 4.5) en el transcurso de las temporadas de entrenamiento, de ciento noventa y cinco milisegundos en la temporada 89/90, a los ciento cincuenta y cinco de la temporada 92/93.

#### INSERTAR TABLA 4.5

El entrenamiento que habíamos programado estaba basado en la potenciación de los flexores del pie, por lo que tenía una larga historia en este sentido que nos decidió a aplicarle

TABLA 4.5

Evolución del tiempo de impulso durante el tiempo que estuvo  
entrenando bajo nuestra dirección.

FECHA	Timp.
29.05.90	195
22.05.91	175
29.05.92	159
21.05.93	155

\* Los datos de tiempo de impulso se expresan en milisegundos.

la técnica de feedback aumentado, para comprobar las afirmaciones de Magill (1993) de que a los atletas de élite, que tienen automatizado un comportamiento motor o suplen el feedback visual por uno sensorial, no mejoran su rendimiento con el feedback aumentado.

INSERTAR FIGURA 4.5.

#### 4.2.1.2. Instrumental.

Para la realización de este estudio once utilizamos la plataforma de presión-interruptor (apartado 2.2.2.1.3.2), el microordenador Toshiba (apartado 2.2.2.1.3.3), el goniómetro electrónico Ibv descrito en el apartado 2.2.2.1.3.1 y el software de adquisición de registros desarrollado por el Grupo Análisis del Movimiento Humano (apartado 4.1.1.2.1) que utilizamos en el estudio diez, más un nuevo periférico para administrar el feedback, una pantalla de ordenador VGA color, conectada al microordenador Toshiba.

#### 4.2.2. Diseño.

El comportamiento motor utilizado en este estudio onceavo, es el mismo que en los estudios ocho, nueve y diez, el drop jump explicado en el apartado 2.2.2.1.8.

En el trabajo teníamos una Variable Dependiente, el Tiempo de Impulso, que íbamos a tratar de modificar sin afectar la altura del salto, y si era posible, incrementándola también.

Las Variables Independientes (VI) estaban representadas por los métodos de entrenamiento que íbamos a emplear para disminuir el tiempo de impulso, el primero es un entrenamiento de potenciación de los músculos extensores del pie, responsables de crear la impulsión en el drop jump, en base a la realización de  $n$  series de diferentes multisaltos (VI<sub>1</sub>).

MEDIOS DE ENTRENAMIENTO TEMPORADA 89-90		
50 %	35 %	15 %
F. GENERAL	F. DIRIGIDA	F.ESPECIAL
* Circuitos. * Gradadas. * Lazamientos. * Ejerc. Barra.	* S. Horizontales * Cuestas. * S. Verticales.	* S. Verticales.
MEDIOS DE ENTRENAMIENTO TEMPORADA 90-91		
45 %	40 %	15 %
F. GENERAL	F. DIRIGIDA	F.ESPECIAL
* Circuitos. * Gradadas. * Lazamientos. * Ejerc. Barra.	* S. Horizontales * Cuestas. * S. Verticales.	* S. Verticales
MEDIOS DE ENTRENAMIENTO TEMPORADA 91-92		
40 %	40 %	20 %
F. GENERAL	F. DIRIGIDA	F.ESPECIAL
* Circuitos. * Gradadas. * Lazamientos. * Ejercic. Gener. de Fuerza .	* S. Horizontales * Cuestas. * S. Verticales.	* S. Pliometricos * Tobilleras. * C. Lastrado.
MEDIOS DE ENTRENAMIENTO TEMPORADA 92-93		
30 %	40 %	30 %
F. GENERAL	F. DIRIGIDA	F.ESPECIAL
* Circuitos. * Gradadas. * Lazamientos. * Ejerc. Gener. de Fuerza. * Ejerc. Especial. de Fuerza.	* S. Horizontales * Cuestas. * S. Verticales. * Arrastres. * S. Verticales.	* S. Pliometricos * Tobilleras. * C. Lastrado. * Combinaciones de Saltos. * Pliometria.

Figura 4.5: Medios de Entrenamiento utilizados por el Sujeto número 10 durante los años que dirigimos su entrenamiento.

Cuatro ejercicios combinados que los sujetos ejecutaban al final del calentamiento de sus sesiones de entrenamiento habituales.

El segundo entrenamiento o variable independiente segunda ( $VI_2$ ), es el aprendizaje de la utilización de la preactivación, de forma que se disminuya el tiempo de impulso y no se disminuya el tiempo de vuelo por medio de la aplicación de un feedback aumentado o Conocimiento de Resultados, ya que es una de las técnicas más eficaces para la modificación del comportamiento motor (Magill, 1993) como referimos en los factores comportamentales del capítulo primero.

#### 4.2.2.1. Estrategia Experimental.

La estrategia de investigación nos condujo a utilizar un enfoque experimental intrasujeto, ya que los estudios realizados con grupos en investigaciones de entrenamiento, comportan problemas de generalización a sujetos particulares, debido a la gran variabilidad que se da entre ellos (Principio de Individualización del Entrenamiento de Barlow & Hensen, 1984) y para poder realizar generalizaciones a otros individuos llevamos a cabo el procedimiento de replicación (Barlow y Hensen, 1984).

Se emplearon dos diseños intrasujeto con cuatro estrategias , que consistían en dos o tres períodos observacionales sobre la variable dependiente de la conducta estudio del sujeto y ese experimento se replicaba con otro sujeto para confirmar los resultados, no teniendo repercusión el efecto orden en el mismo sujeto.

El esquema de los diseños quedo de la siguiente forma (FIGURA 4.6):

Sujetos 1, 2 y 3, estrategia A + B.

Sujetos 4, 5, 6, 7 y 8 estrategia A + C.

Sujeto 9, estrategia A + B + C.

Sujeto 10, estrategia A + C + B.

Durante la primera fase *A*, se observaba la conducta elegida, el tiempo de impulso, sin la aplicación de ningún tratamiento y se estableció la línea base observacional (LBO). Cuando esta se estabilizó, pasamos a la segunda fase, con la aplicación del tratamiento *B* o *C*.

Con la aplicación del tratamiento pretendíamos que la conducta observada experimentara un cambio con respecto a la LBO, y si este se producía, podríamos inferir que el responsable del cambio era el tratamiento (Barlow & Hensen, 1973; Campbell, 1969; Campbell & Stanley, 1966; Cook & Campbell, 1979; Hensen, 1982; Kazdin, 1982b; Kratochwill, 1978b, nombrados por Barlow & Hensen, 1988).

Los tratamientos que aplicamos fueron, en la fase *B*, feedback terminal, inmediato, visual, acumulado y conocimiento de resultado, como describíamos en el apartado 1.5.4.1.14, aplicado con una frecuencia de uno por minuto, en bloques de diez, descansando entre cada bloque cinco minutos y con un total de ensayos por sesión de treinta.

En la fase *C*, aplicábamos un entrenamiento para la mejora del tiempo de impulso por medio de la potenciación de los músculos extensores del pie. Para ello el participante realizaba cuatro series de diez repeticiones con dos minutos de descanso entre series de los siguientes ejercicios, *escaleras*, *puntillas con carga*, *impulsiones en escalón* y *drop jump desde veinte centímetros*, que describiremos después.

INSERTAR FIGURA 4.6

Para establecer la fiabilidad de los resultados y poder determinar la generalización de los

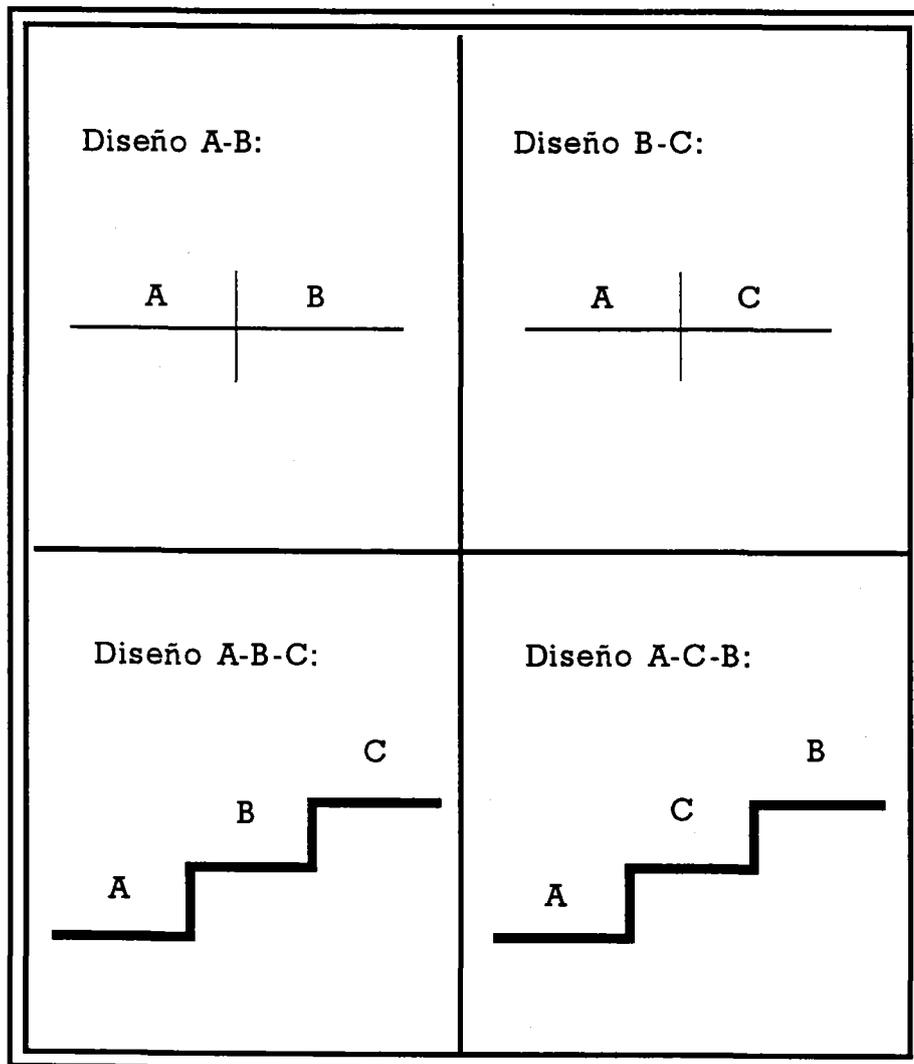


Figura 4.6: Diagrama de los cuatro diseños empleados en el estudio 11.

datos recurrimos a la replicación directa (replicación del experimento por el mismo experimentador, Sidman, 1960. Citado por Barlow & Hensen, 1988), con sujetos diferentes del mismo contexto, por lo que se podría decir que eran homogéneos. Después de realizar dos repeticiones exitosas de cada tratamiento, obteniendo el mismo resultado, concluimos que el resultado, dentro de los límites establecidos por los datos, es fiable.

A la hora de llevar a cabo las siguientes repeticiones seguimos las siguientes pautas:

- 1<sup>a</sup>. El experimentador y el contexto de los experimentos fueron los mismos.
- 2<sup>a</sup>. La variable dependiente fue la misma para todos los participantes.
- 3<sup>a</sup>. La historia de los participantes era similar.
- 4<sup>a</sup>. El procedimiento empleado con los participantes fue el mismo para todos.
- 5<sup>a</sup>. Empleamos un experimento significativo y dos repeticiones como mínimo.

Para el análisis de los datos del estudio con cada sujeto se utilizó una estrategia de análisis intrasujeto, recurriéndose a las siguientes técnicas:

- a). Análisis de los gráficos de cada parámetro empleando los datos directos, así como las medias y desviaciones de cada bloque y cada sesión.
- b). Estadística Descriptiva (media y desviación) por fases.
- c). Análisis inferencial. Técnica *t de Student* para datos emparejados entre las sesiones del tratamiento siguiendo trabajos de Shine & Bower (1971), Oña, 1989 y Martín, 1990.

#### 4.2.3. Procedimiento.

El experimento se desarrollo en  $n$  sesiones por sujeto, en función de la variabilidad de los datos de cada sesión, administrándole al sujeto un protocolo normalizado, donde se explicaban las condiciones generales de la ejecución correcta del ejercicio.

Primero se determinaba la línea base observacional (LBO) para el sujeto en  $n$  sesiones, hasta conseguir la estabilidad en los parámetros del drop jump.

Una vez determinada la línea base observacional, el sujeto continuaba con la estrategia asignada para él.

#### 4.2.3.1. Procedimiento de la Estrategia A + B.

El entrenamiento se lleva a cabo en base a la realización del drop jump (apartado 2.2.2.1.8) con información, después de cada ensayo de la Potencia del Salto por medio de la pantalla del ordenador y de un software de información visual.

Se escogió la Potencia de Salto como el parámetro sobre el que dar información ya que como expone Martín (1990) en las conclusiones de su tesis *Incidencia de la Retroinformación (feedback) temporal sobre los parámetros de la respuesta de reacción en un salto vertical bajo un Sistema Automático de Control*, la información global es preferible a la parcial, pues parece deducirse que el exceso de información incide negativamente en la eficacia de la respuesta.

E-8

$$W = 2 g h / \text{timp.}$$

$$\text{donde } h = g * \text{tv}_2 : 8$$

$W$ , es la potencia del salto;  $g$ , es la aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>);  $\text{timp}$ , tiempo de impulso;  $h$ , altura del salto y  $\text{tv}$ , tiempo de vuelo.

La potencia de salto (Bosco, 1991) es un parámetro compuesto que relaciona, en un solo dato, el tiempo de vuelo y el tiempo de impulso (ecuación 8) los dos parámetros estudiados por nosotros, y que se mostró muy eficaz en el transcurso del experimento.

El sujeto realizaba un calentamiento como el descrito para los estudios ocho y nueve (capítulo tercero).

A continuación se le colocaba el goniómetro para controlar el grado de flexión de las rodillas.

Al sujeto se le daba a leer la hoja de instrucciones (anexo B) y a continuación se disponía a realizar la práctica. Los ensayos los realizaba en tres bloques de diez, descansando cinco minutos entre ellos y un minuto entre cada ensayo.

Antes de cada ensayo, el participante indicaba con un gesto afirmativo de cabeza que se encontraba dispuesto. El experimentador, que se encontraba situado a su costado, daba una señal verbal de *preparado* y a continuación otra para realizar el salto, *¡ya!*, después de la cual el sujeto disponía de tres segundos para efectuar el salto.

Al finalizar cada salto, se le mostraba en la pantalla para feedback del ordenador una gráfica en la que se reflejaban las potencias de los saltos que iba realizando en forma de punto en un eje de ordenadas cartesianas (eje *Y*), en bloques de diez y en la que además se reflejaba en forma de línea continua, paralela al eje de las *X*, donde se reflejaban los ensayos, la media del bloque anterior (figura 4.7) de forma que pudiera realizar los ajustes internos necesarios para tratar de incrementarla en el siguiente salto, ya que en la presentación del feedback era fácil determinar si había mejorado o empeorado respecto al salto anterior y en cuanto a la media del bloque anterior.

Al finalizar cada bloque de diez ensayos, se le dejaba la pantalla de feedback *abierta* con

## SEGUNDO BLOQUE SESIÓN PRIMERA

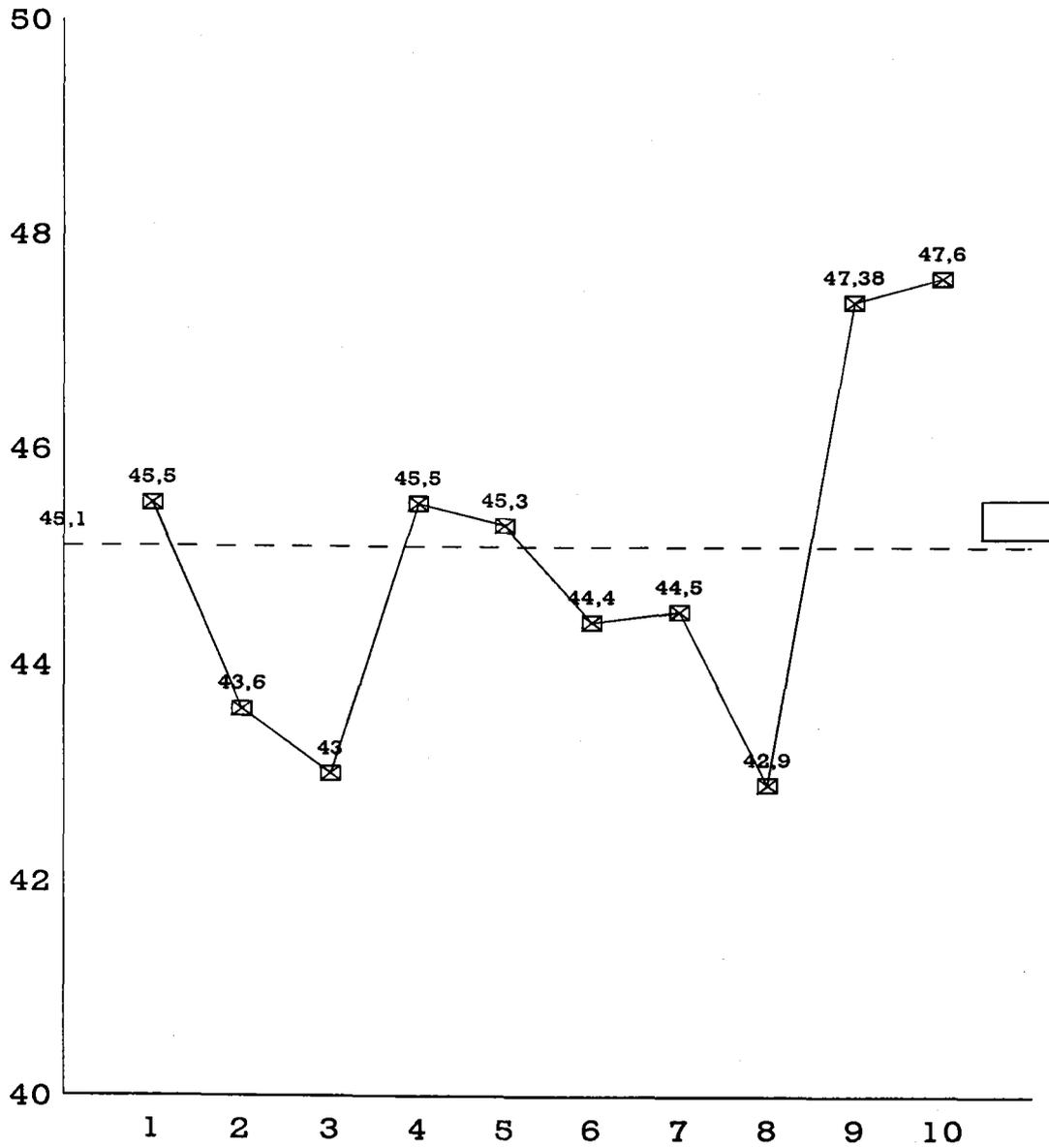


Figura 4.7: Feedback que aparecía en la pantalla al final de cada bloque de ensayos.

los diez ensayos del bloque durante sesenta segundos, al finalizar ese tiempo, el experimentador *desconectaba* la pantalla y ajustaba la media para el bloque siguiente.

Después de los cinco minutos de descanso interbloques, se daba paso al siguiente bloque con el mismo protocolo, hasta completar los treinta ensayos de cada sesión.

Los datos eran registrados en la planilla de anotación (anexo A) para su posterior análisis.

#### 4.2.3.2. Procedimiento para la estrategia A + C.

Una vez establecida la línea base observacional, el sujeto pasaba a realizar el protocolo C, que consistió en realizar, después de su calentamiento habitual, incluir al inicio de la parte principal de su sesión de entrenamiento los siguientes ejercicios:

a). Cuatro series escaleras de la siguiente forma: Sin flexionar las rodillas, solamente con la acción de los extensores de los pies, subir diez escaleras de veinte centímetros de alto, tratando de aplicar la fuerza con el menor tiempo posible entre la caída en el escalón y el despegue (Figura 4.8).

b). Cuatro series de impulsiones en escalón. El sujeto se coloca de pie frente a un escalón de 20 centímetros y sube un pie al escalón. Con el pie que está sobre el escalón se impulsa hacia arriba, de forma que el cuerpo se despegue del suelo. Al caer se coloca sobre el escalón el pie contrario y el otro en el suelo y se vuelve a impulsar y así sucesivamente en series de veinte, diez con cada pierna (figura 4.9).

c). Cuatro series de puntillas con carga. Con una barra de halterofilia sobre los hombros, con una sobrecarga (discos) igual al peso corporal, el sujeto se pone de puntillas con el cuerpo erguido y lo repite durante veinte veces (figura 4.10).

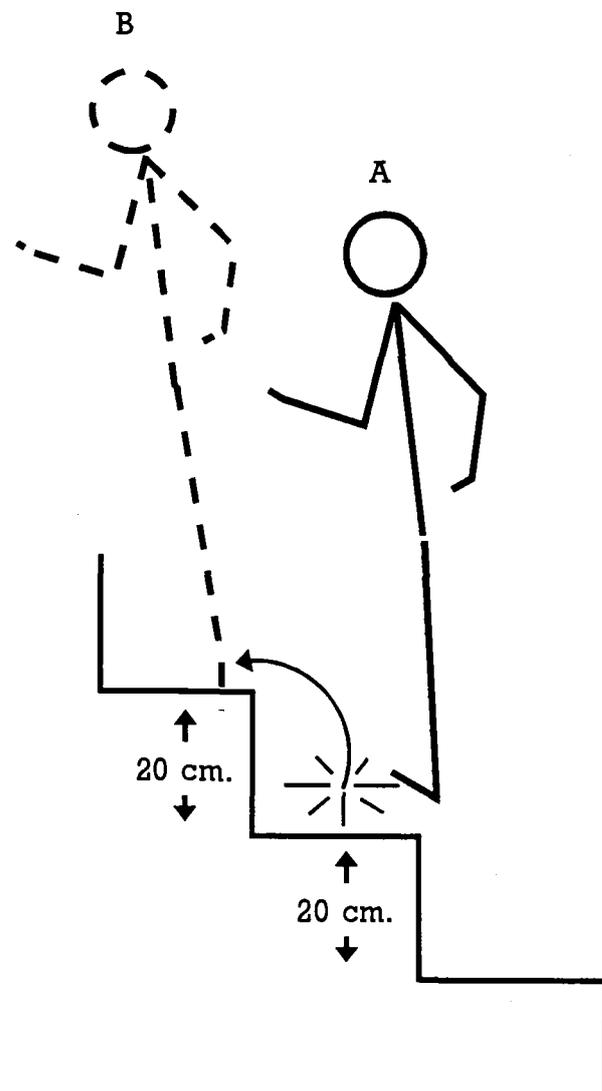


Figura 4.8: Ejercicio de Escaleras.

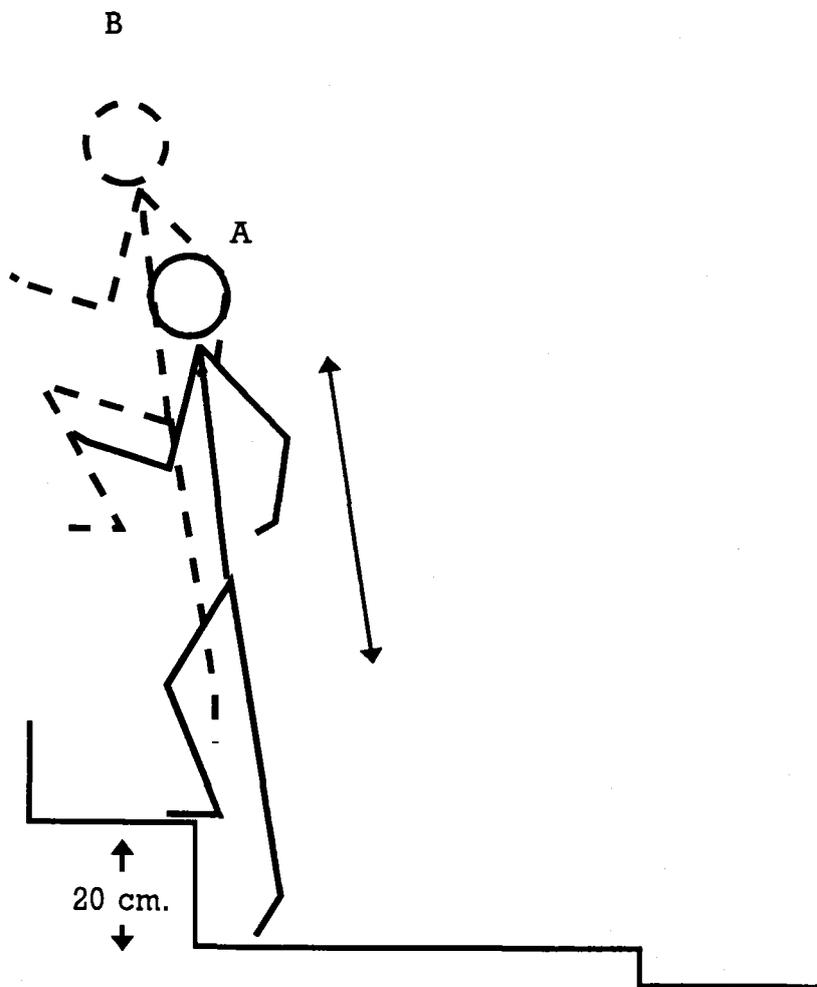


Figura 4.9: Ejercicio de Impulsiones en Escalón

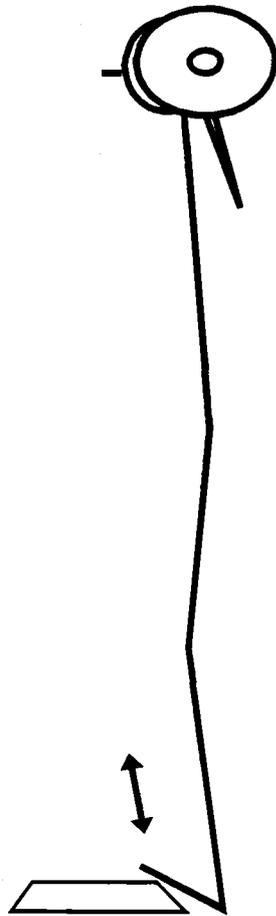


Figura 4.10: Ejercicio de Puntillas con Sobrecarga 100%.

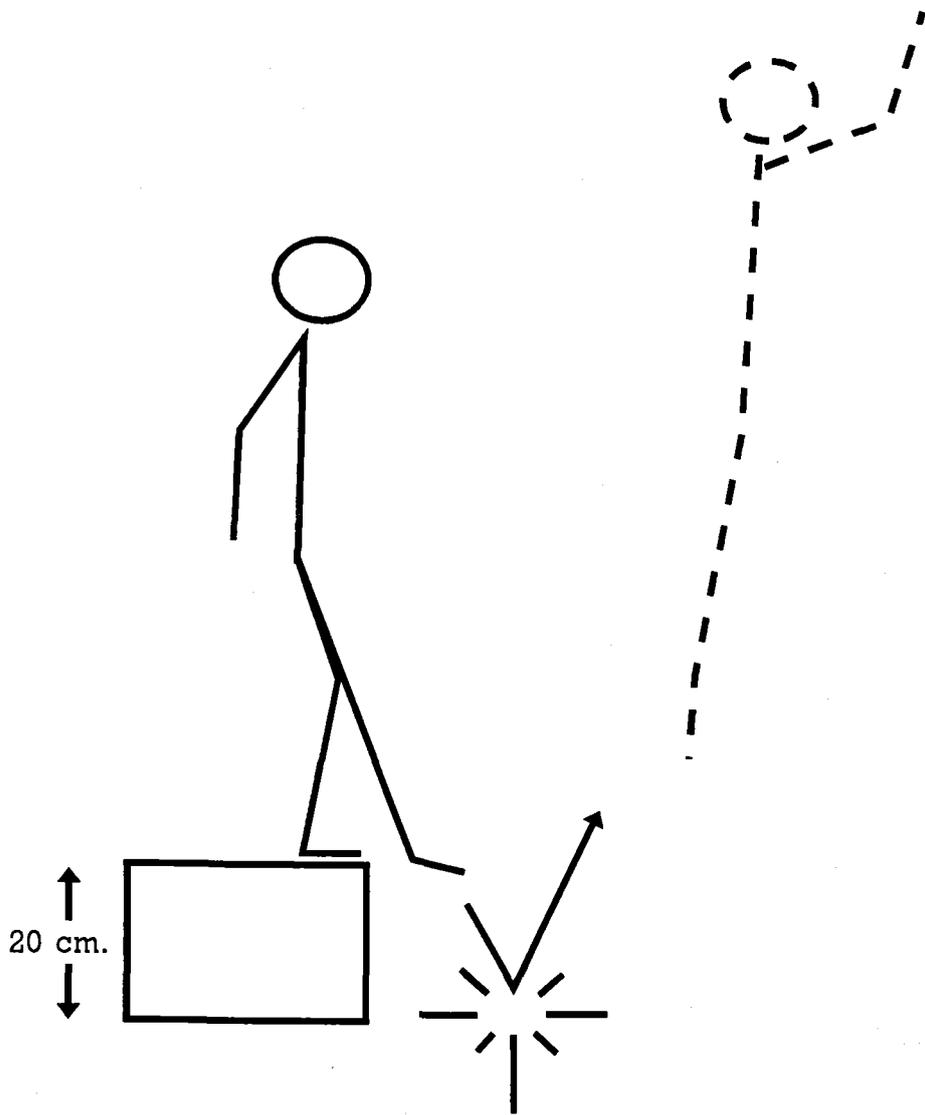


Figura 4.11: Drop Jump desde 20 cm.

d). Diez Drop Jump desde veinte centímetros de altura. El deportista se sube al escalón de veinte centímetros y desde ahí, saca un pie para, a continuación, dejarse caer, de forma que no tenga que impulsarse hacia arriba, incrementando la altura desde donde cae. Al contactar con el suelo, con los dos pies a la vez, vuelve a saltar hacia arriba, con la menor flexión de piernas posible (entre 170 y 180°. Figura 4.11).

Al finalizar la semana de entrenamiento, los viernes, pasaban un control en base a la realización del drop jump en base al protocolo que observaban en la línea base, en los estudios ocho, nueve y diez y descrito en el apartado 2.2.2.1.8.

#### 4.2.3.3. Procedimiento de la estrategia A + B + C.

El sujeto que realizó la estrategia A + B + C una vez finalizada la fase A (LBO), pasaba a realizar la fase B, entrenamiento mediante feedback aumentado y una vez estabilizada en esta conducta la variable dependiente, pasaba a realizar la fase C, entrenamiento de potenciación de los músculos impulsores y se observaba la evolución de esta misma variable (VD).

Durante la fase C tenía controles semanales para inspeccionar la evolución de los parámetros estudiados.

#### 4.2.3.4. Procedimiento para la estrategia A + C + B.

El sujeto que llevó a cabo la estrategia A + C + B, descrita en el apartado 4.2.1.1, había realizado una fase de potenciación de sus músculos impulsores acompañada de la disminución del tiempo de impulso, sin la aplicación de feedback aumentado durante los años cuatro años de entrenamiento de atleta de *velocidad* controlado y dirigido por nosotros en su

entrenamiento de fuerza, por tanto tenía una *historia muy especial*, que nos informaría de la influencia del tratamiento B, feedback aumentado, en sujetos con un alto grado de entrenamiento de la variable independiente.

Como los demás sujetos participantes, le realizamos el control anterior a comenzar la fase B, para comprobar la estabilidad de la variable, utilizando el mismo protocolo que los demás (drop jump descrito en el apartado 2.2.21.1.8), y tomando los datos como los finales de la fase C. A continuación realizó la fase B como los demás participantes.

#### 4.2.4. Resultados

Los cambios de la línea base que representa la variable dependiente en cada figura muestran, a nivel visual, los cambios que se producían con el tratamiento a que eran sometidos los sujetos.

##### 4.2.4.1. Análisis Intrasujeto.

###### 4.2.4.1.1. Análisis por Sujeto.

# **SUJETO N° 1**

SEXO: MUJER  
EDAD: 24 AÑOS  
PESO: 50 KILOGRAMOS  
ESTRATEGIA: A - B

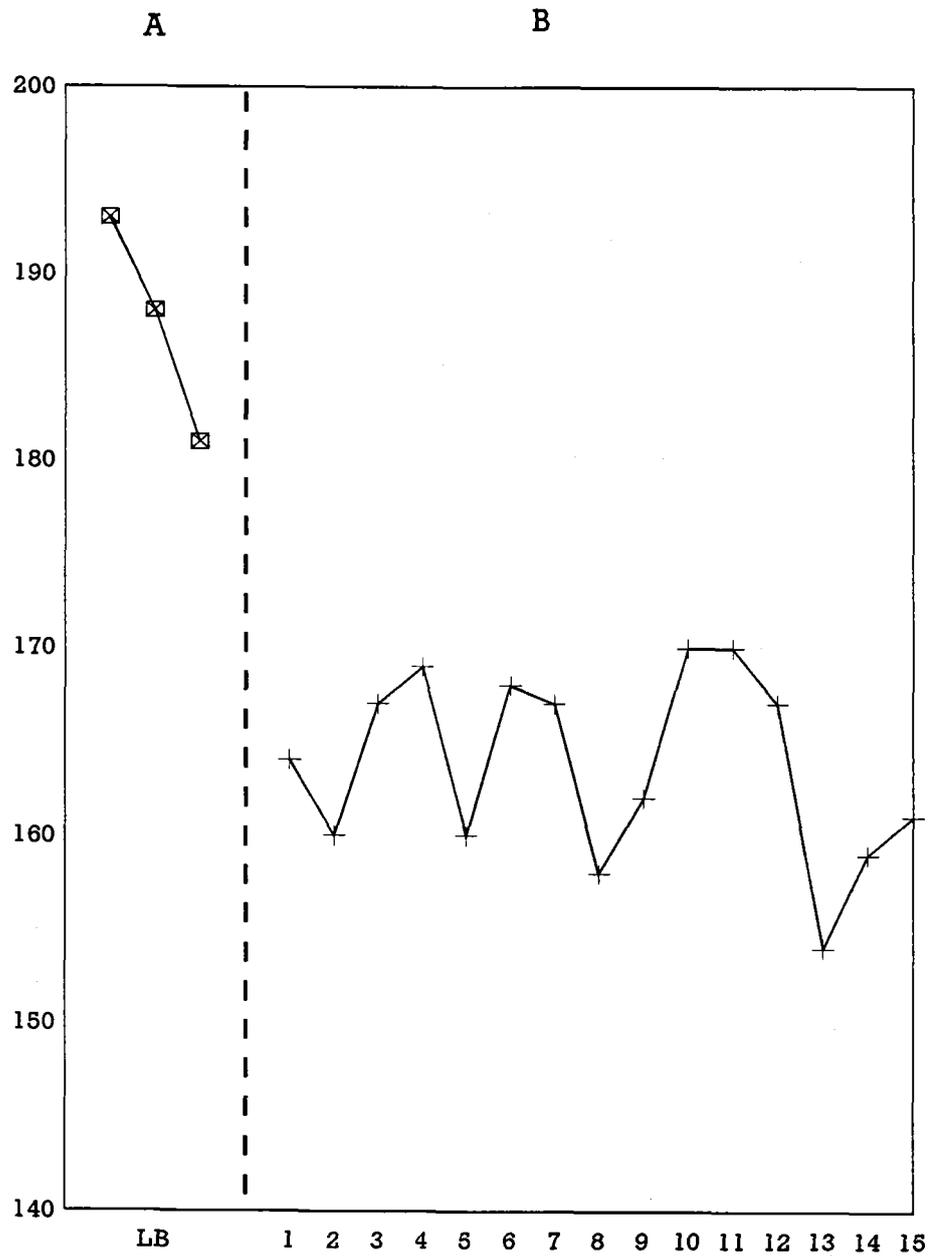


Figura 4.12: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 1 por Bloques.

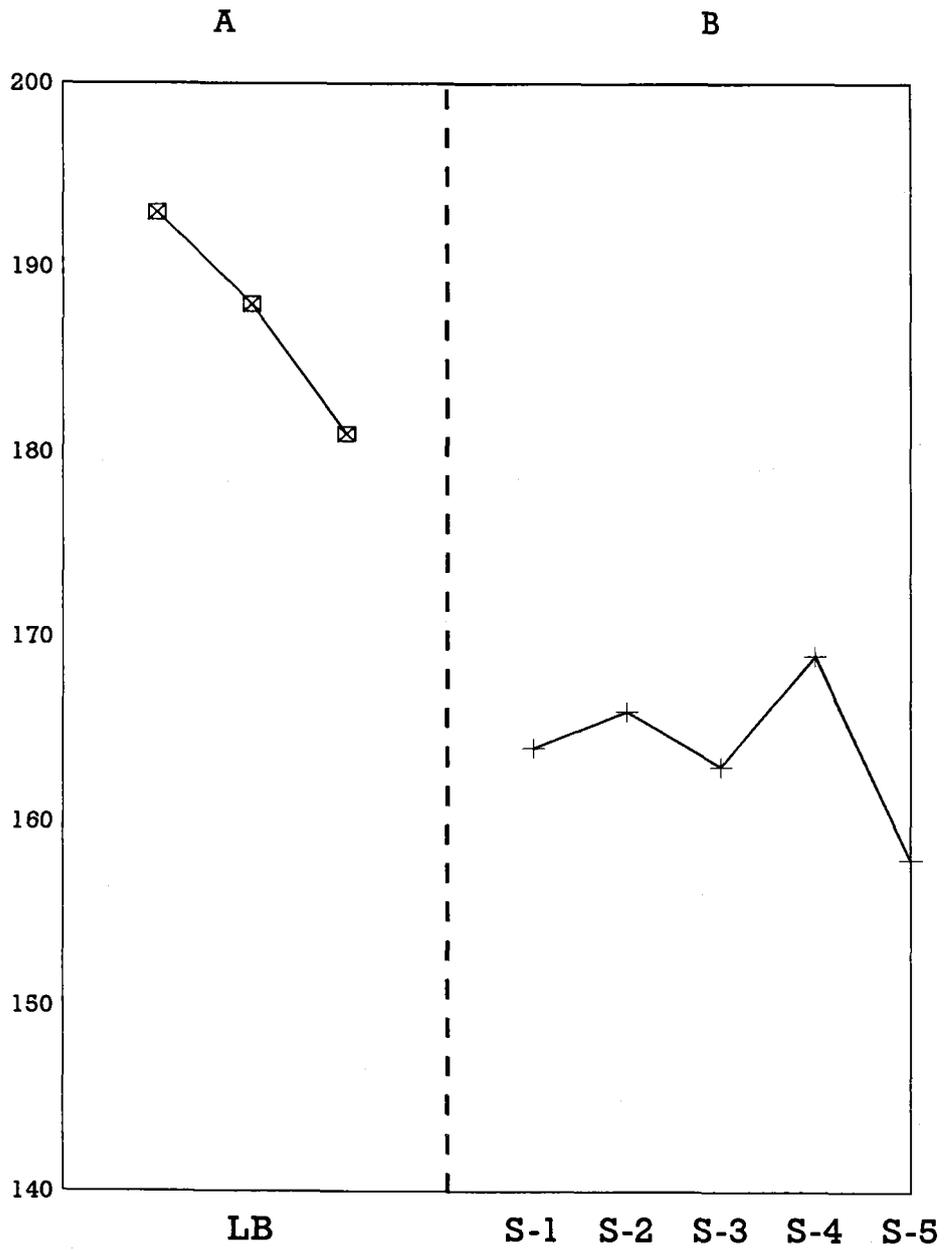


Figura 4.13: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 1.

## TABLA 4.6

### SUJETO 1º

Estadística Descriptiva del Tiempo de Impulso de las Sesiones de Entrenamiento.

SESION	NºSALTOS	MEDIA	D.S.
PRIMERA	30	163.67	13.26
SEGUNDA	30	165.67	11.47
TERCERA	30	163.33	9.08
CUARTA	30	169.30	8.70
QUINTA	30	157.73	9.78

\* Los datos se expresan en milisegundos.

TABLA 4.7

SUJETO 1º, ESTRATEGIA A + B

*t de Student* del Tiempo de Impulso entre las Sesiones de Entrenamiento.

SESIONES	1	2	3	4	5
PRIMERA		.637*			
SEGUNDA			.887*		2.958**
TERCERA				2.771**	2.102**
CUARTA					4.637**
QUINTA					

\* P > .05

\*\* P < .001

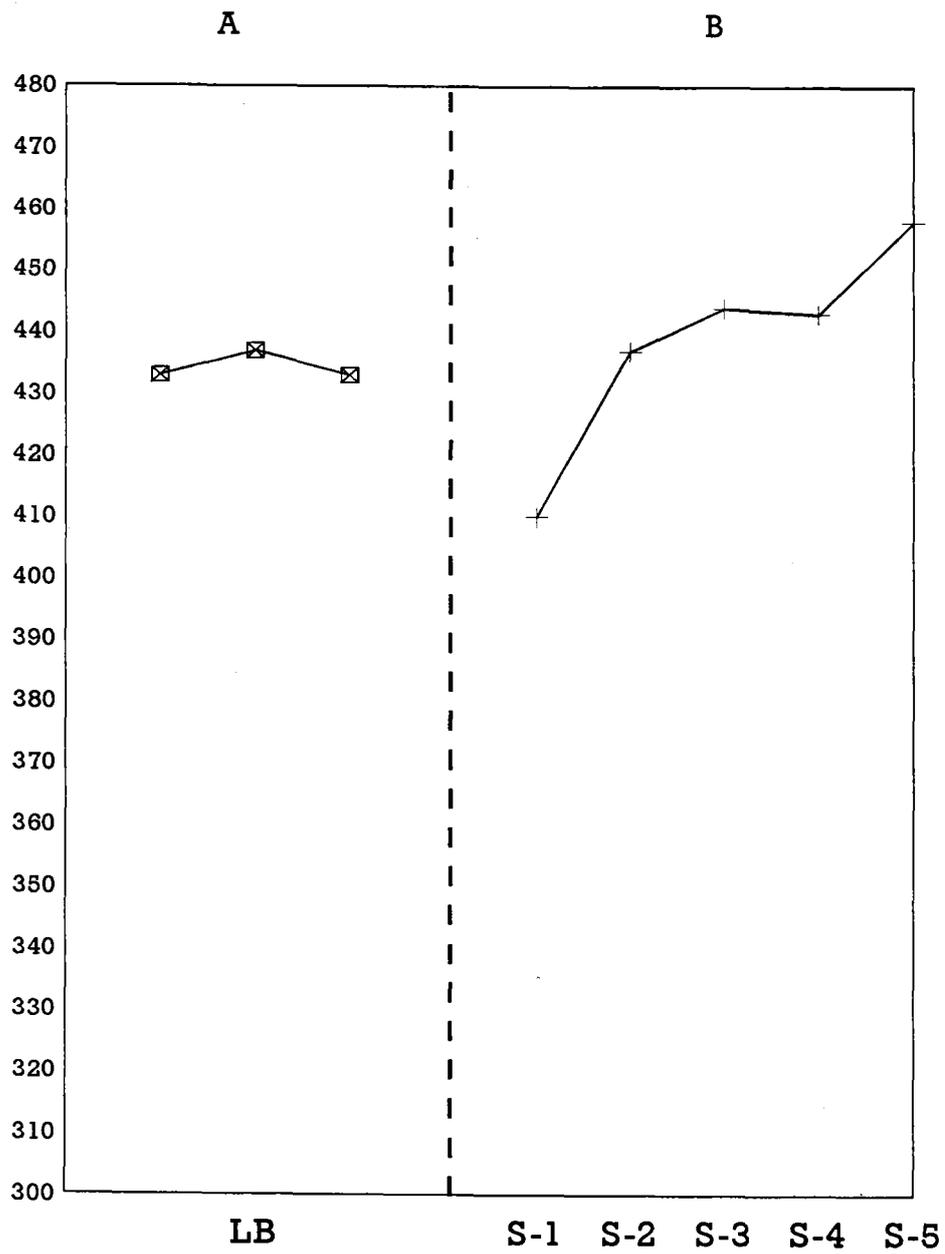


Figura 4.14: Evolución del tiempo de vuelo del Sujeto 1.

TABLA 4.8

SUJETO 1º, ESTRATEGIA A + B

Datos de Tiempo de Impulso y Tiempo de Vuelo entre las Fases A y B

LBO		FB	
time	time	time	time
181	433	165	475

\* tiempo en milisegundos

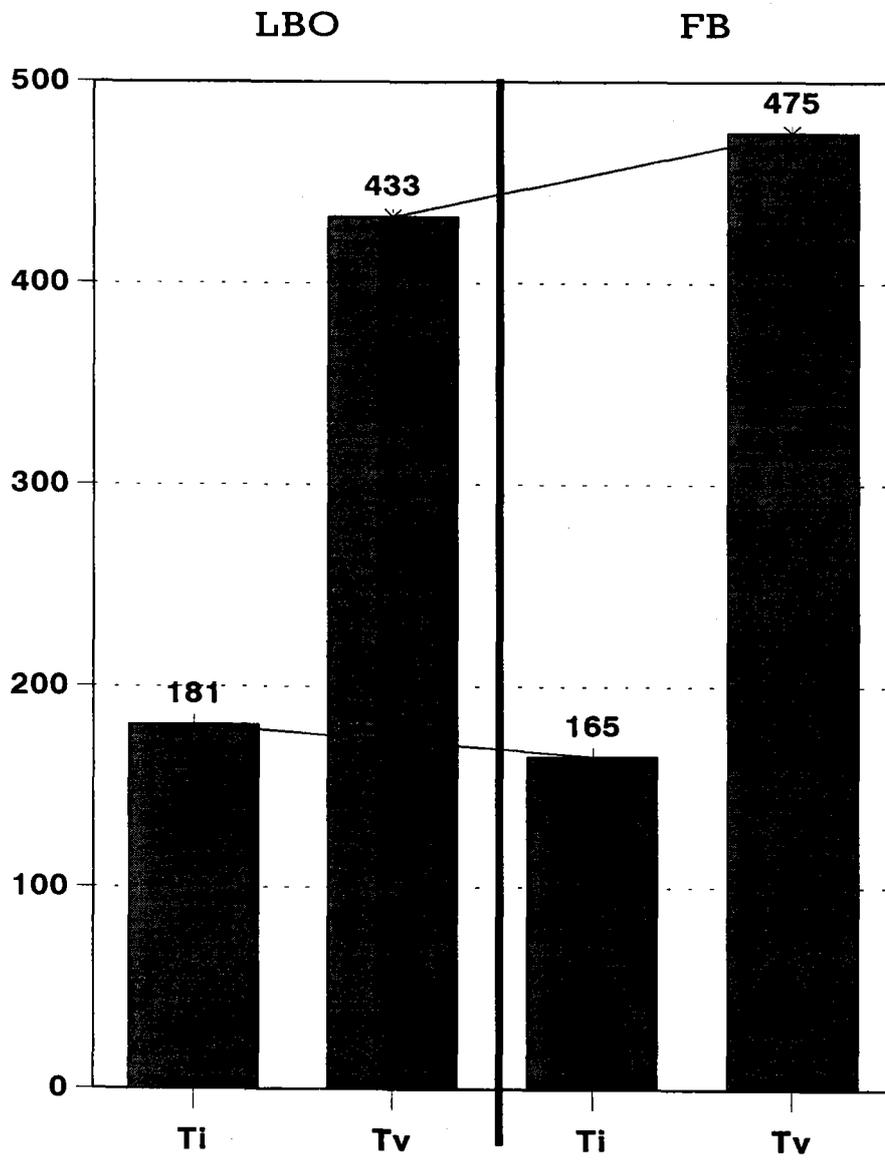


Figura 4.15: Comparación entre fases A y B.

Observando la figura 4.12 Y 4.13, que recoge la evolución del tiempo de impulso del Sujeto 1, podemos establecer que tiene tendencia a disminuir el tiempo de impulso, como también aparece en la Tabla 4.8 y en la figura 4.15 ( 181 y 165), lo que refleja una mejora de este parámetro con el entrenamiento de feedback.

Que las desviaciones (DS) tienden a disminuir progresivamente conforme avanzan las sesiones de entrenamiento, como aparece en la Tabla 4.6, donde se describen el número de saltos, la media y la desviación por sesiones de entrenamiento, lo que parece indicar una mayor uniformidad en las sesiones de aprendizaje conforme se iban cumpliendo.

Para comprobar la significatividad de las observaciones realizadas, hemos contrastado la diferencia de las distintas sesiones de aprendizaje con la técnica *t de Student* para datos apareados. Los resultados obtenidos en la Tabla 4.7, muestran para el Sujeto 1 diferencias significativas entre las sesiones tercera y cuarta,  $t = 2.771$  ( $p < .001$ ), cuarta y quinta,  $t = 4.637$  ( $p < .001$ ), no siendo significativas las diferencias entre las medias de las sesiones primera y segunda,  $t = .637$  y entre segunda y tercera,  $t = .887$  ( $p > .05$ ), que demuestra que a partir de la cuarta sesión de aprendizaje se produjo una diferencia significativa entre las medias de los tiempo de impulso.

Observando la evolución del tiempo de vuelo en la figura 4.14, vemos que no solamente no disminuye al disminuir el tiempo de impulso, sino que muestra una tendencia clara a aumentar, que se comprueba observando la Tabla 4.8 o la figura 4.15, en la diferencia de este parámetro entre la línea base ( 433) y el final de las sesiones de aprendizaje (475).

Podemos deducir de los resultados que obtiene el sujeto 1, que ha disminuido su tiempo de impulso y a incrementado su tiempo de vuelo entre la línea base y la sesión número cinco como aparece en la tabla comparativa 4.8.

## **SUJETO N° 2**

SEXO: HOMBRE  
EDAD: 24 AÑOS  
PESO: 67 KILOGRAMOS  
ESTRATEGIA: A - B

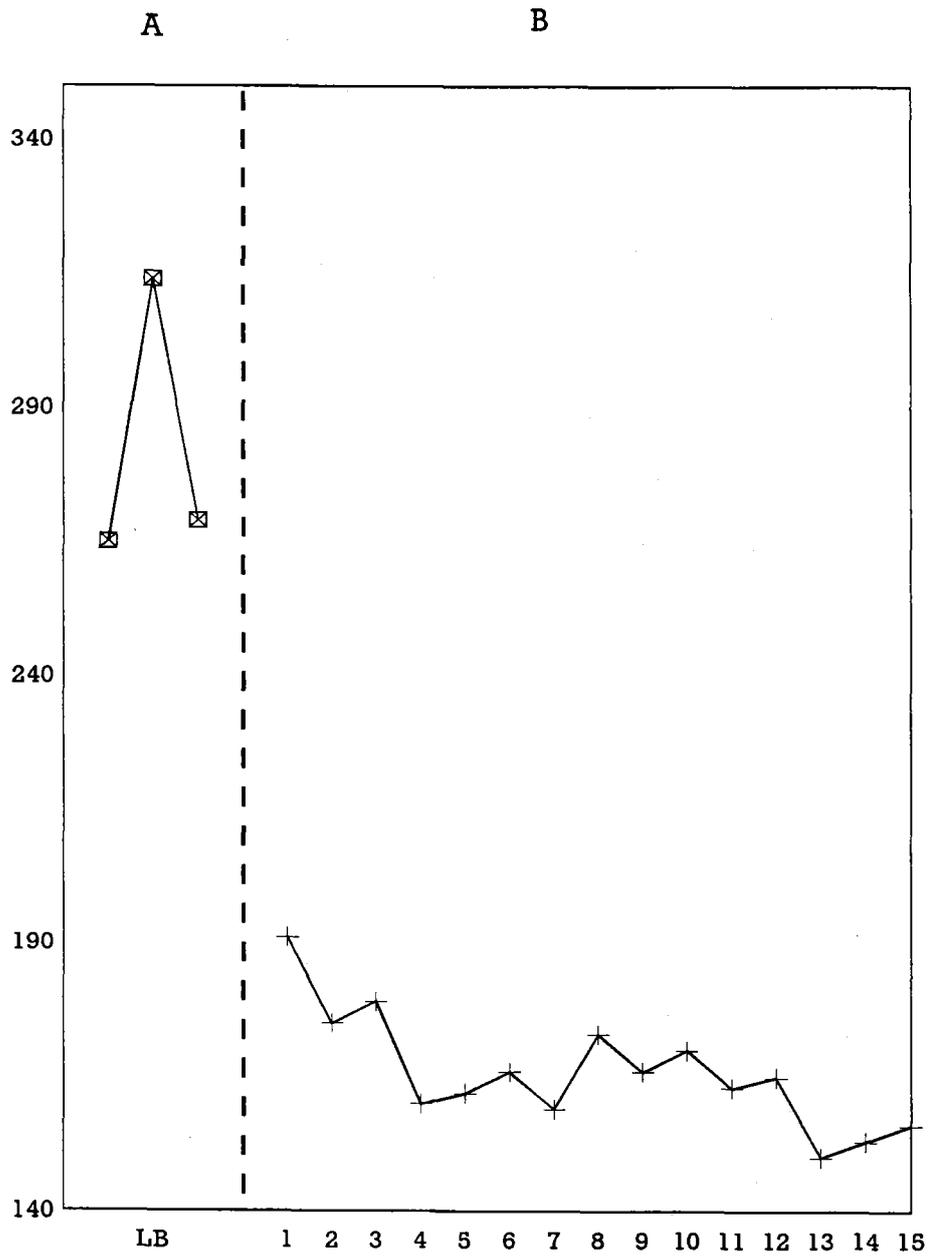


Figura 4.16: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 2 por Bloques.

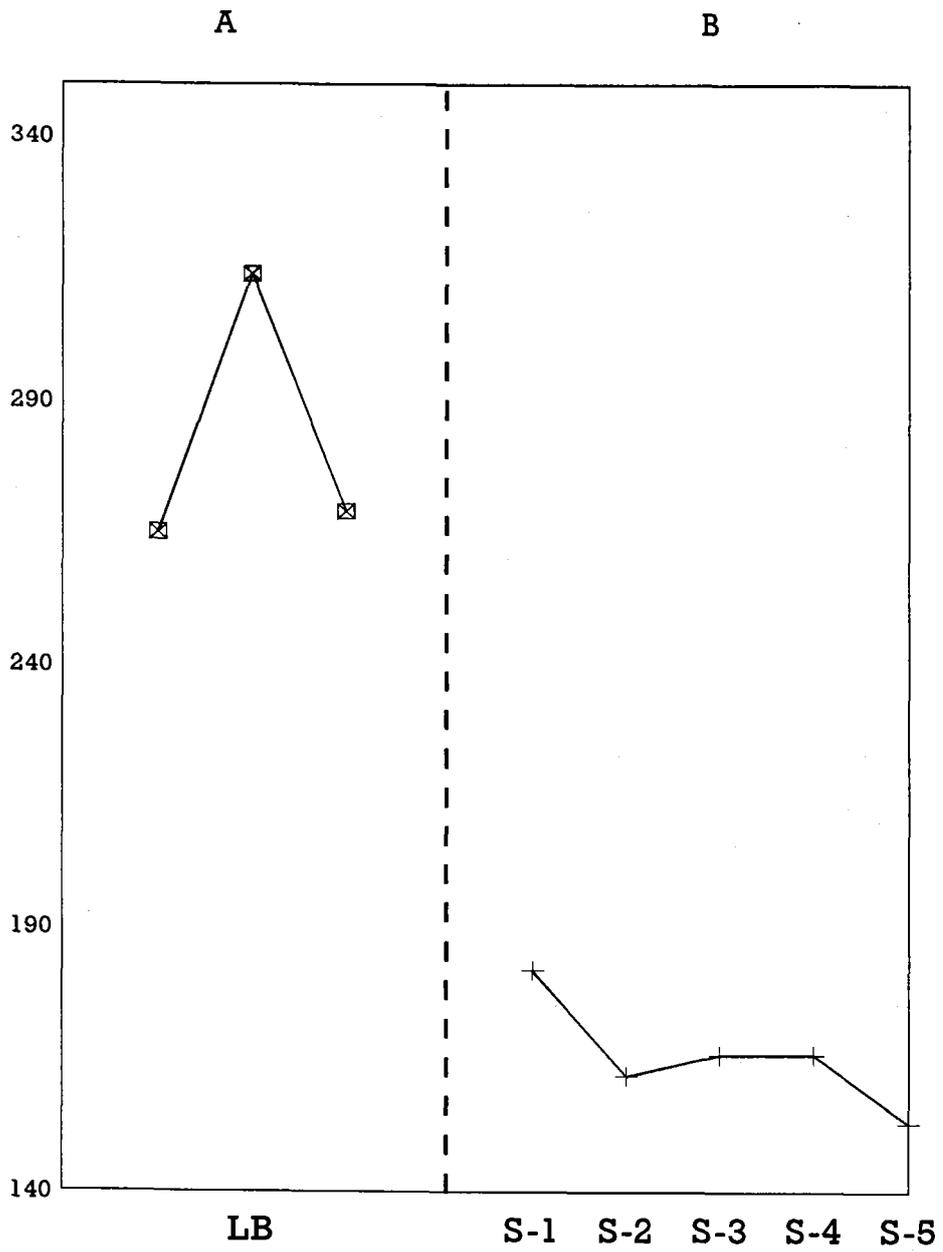


Figura 4.17: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 2.

TABLA 4.9

SUJETO 2°

Estadística Descriptiva del Tiempo de Impulso de las Sesiones de Entrenamiento.

SESION	N°SALTOS	MEDIA	D.S.
PRIMERA	30	181.80	13.62
SEGUNDA	30	162.47	10.96
TERCERA	30	165.77	12.78
CUARTA	30	165.97	13.46
QUINTA	30	153.10	7.36

\* Los datos se expresan en milisegundos.

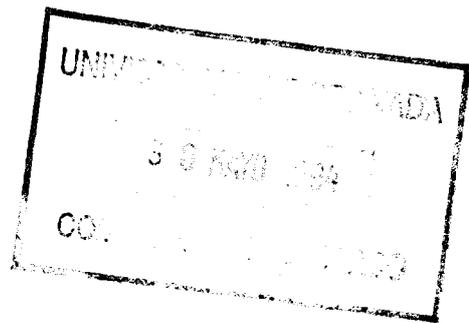


TABLA 4.10

SUJETO 2º, ESTRATEGIA A + B

*t de Student* del Tiempo de Impulso entre las Sesiones de Entrenamiento.

SESIONES	1	2	3	4	5
PRIMERA		6.388**			9.645**
SEGUNDA			.982*		4.310**
TERCERA				.056*	4.923**
CUARTA					5.140**
QUINTA					

\* P > .05

\*\* P < .001

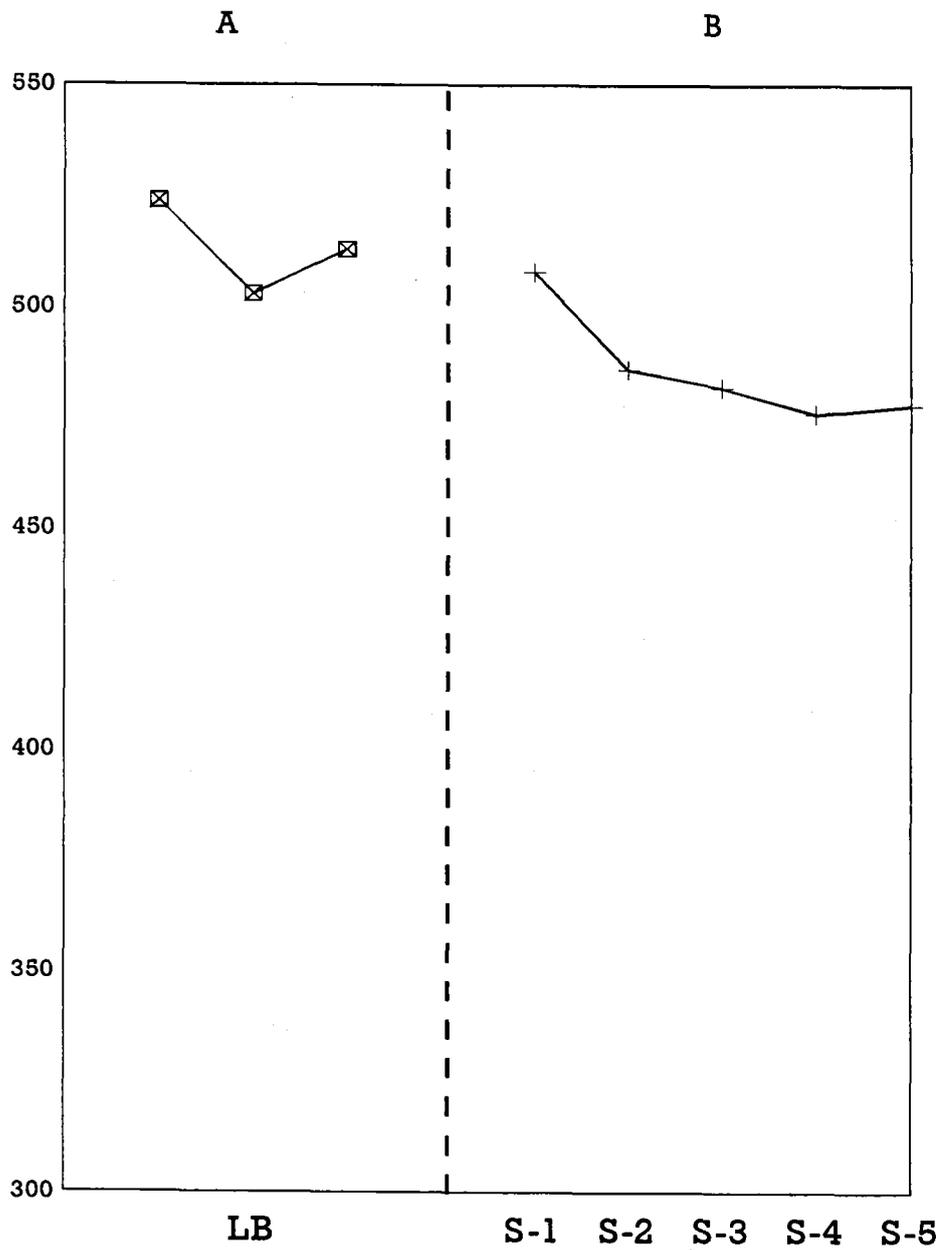


Figura 4.18: Evolución del tiempo de vuelo del Sujeto 2.

TABLA 4.11

SUJETO 2º, ESTRATEGIA A + B

Datos de Tiempo de Impulso y Tiempo de Vuelo entre las Fases A y B

LBO		FB	
time	time	time	time
282	509	153	487

\* tiempo en milisegundos

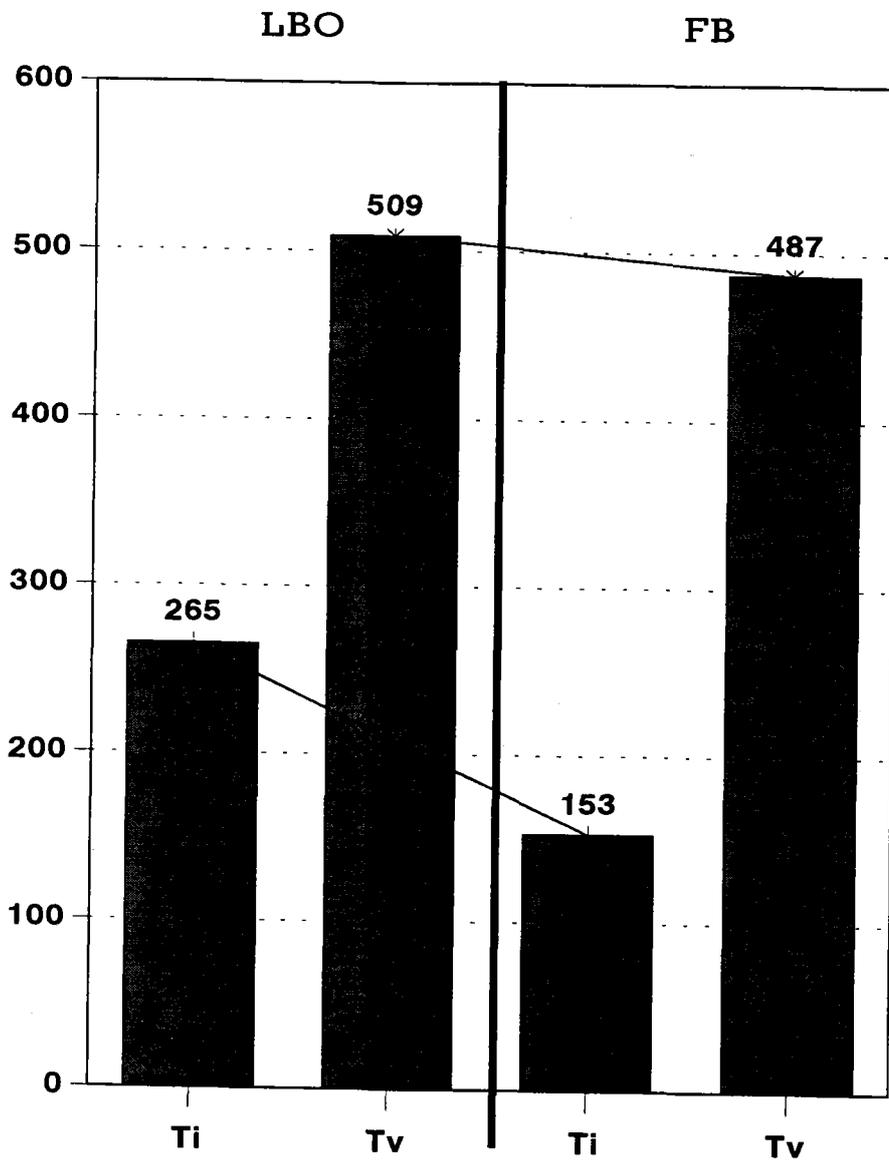


Figura 4.19: Comparación entre fases A y B.

Observando la figura 4.16 y 4.17, que recoge la evolución del tiempo de impulso del Sujeto 2, podemos establecer que tiene tendencia a disminuir el tiempo de impulso, como también aparece en la Tabla 4.9 y 4.11, y en la figura 4.19 ( 265 y 153), lo que refleja una mejora de este parámetro con el entrenamiento de feedback.

Que las desviaciones (DS) tienden a disminuir progresivamente conforme avanzan las sesiones de entrenamiento, aunque en la sesión cuarta aparece un incremento pasajero, como aparece en la Tabla 4.9, donde se describen el número de saltos, la media y la desviación por sesiones de entrenamiento, lo que parece indicar una mayor uniformidad en las sesiones de aprendizaje conforme se iban cumpliendo, que es señal de asentamiento del aprendizaje.

Para comprobar la significatividad las observaciones realizadas, hemos contrastado la diferencia de las distintas sesiones de aprendizaje con la técnica *t de Student* para datos apareados. Los resultados obtenidos en la Tabla 4.10, muestran para el Sujeto 2 diferencias significativas entre las sesiones primera y segunda,  $t = 6.388$  ( $p < .001$ ), y luego no vuelve a aparecer una diferencia significativa hasta la comparación entre la cuarta y la quinta,  $t = 5.140$  ( $p < .001$ ), no siendo significativas las diferencias entre las medias de las sesiones segunda y tercera,  $t = .982$  y entre tercera y cuarta,  $t = .056$  ( $p > .05$ ), que demuestra que a tras un primer descenso pronunciado, de 181.8 a 162.47 para la segunda sesión, el parámetro se estabilizó y no volvió a disminuir significativamente hasta la quinta sesión, donde llegó a 153.1 (ver Tabla 4.9).

Observando la evolución del tiempo de vuelo en la figura 4.18, vemos que disminuye al disminuir el tiempo de impulso, pero en menor medida que éste, que se comprueba observando la Tabla 4.11 o la figura 4.19, en la diferencia de este parámetro entre la línea base ( 509) y el final de las sesiones de aprendizaje (487).

Podemos deducir de los resultados que obtiene el sujeto 2, que ha disminuido su tiempo de impulso y su tiempo de vuelo entre la línea base y la sesión número cinco como aparece en la tabla comparativa 4.11.

# **SUJETO N° 3**

**SEXO: HOMBRE  
EDAD: 27 AÑOS  
PESO: 75 KILOGRAMOS  
ESTRATEGIA: A - B**

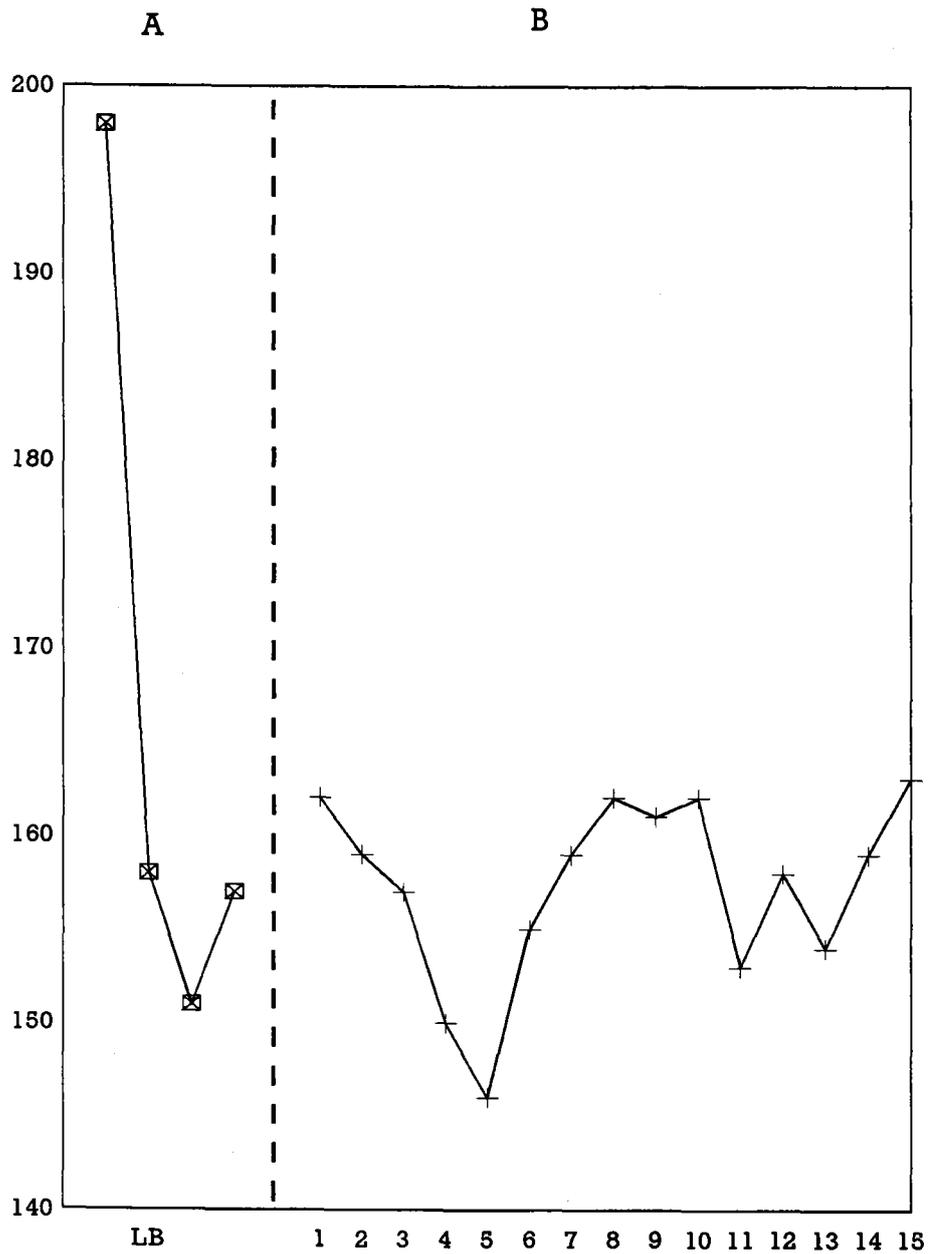


Figura 4.20: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 1 por Bloques.

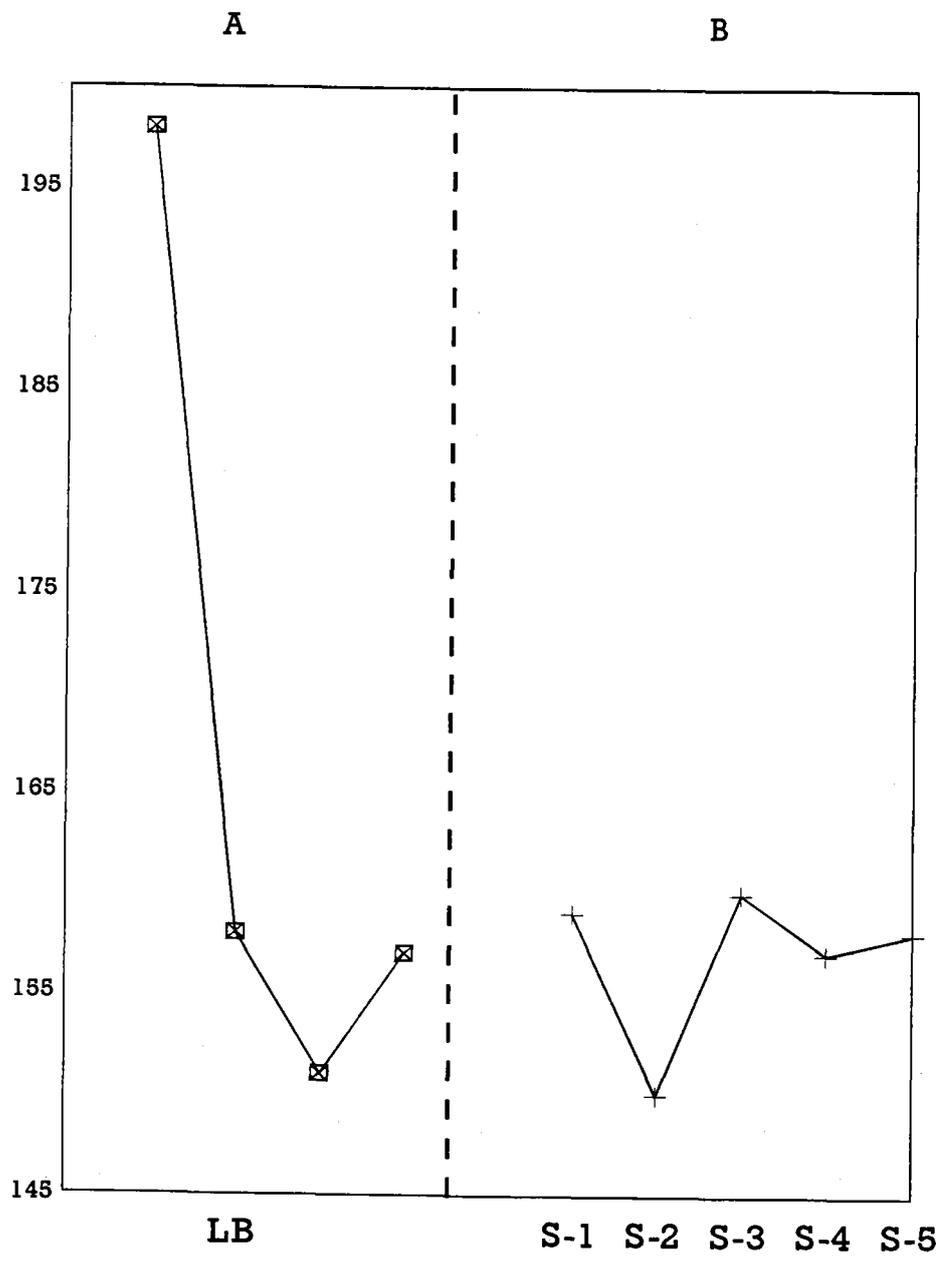


Figura 4.21: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 3.

TABLA 4.12

SUJETO 3°

Estadística Descriptiva del Tiempo de Impulso de las Sesiones de Entrenamiento.

SESION	N°SALTOS	MEDIA	D.S.
PRIMERA	30	159.17	11.68
SEGUNDA	30	150.47	10.06
TERCERA	30	160.47	9.20
CUARTA	30	157.23	9.77
QUINTA	30	158.43	8.44

\* Los datos se expresan en milisegundos.

TABLA 4.13

SUJETO 3º, ESTRATEGIA A + B

*t de Student* del Tiempo de Impulso entre las Sesiones de Entrenamiento.

SESIONES	1	2	3	4	5
PRIMERA		3.073**			.263*
SEGUNDA			4.717**	2.446*	2.234**
TERCERA				1.142*	.979*
CUARTA					.520*
QUINTA					

\* P > .05

\*\* P < .001

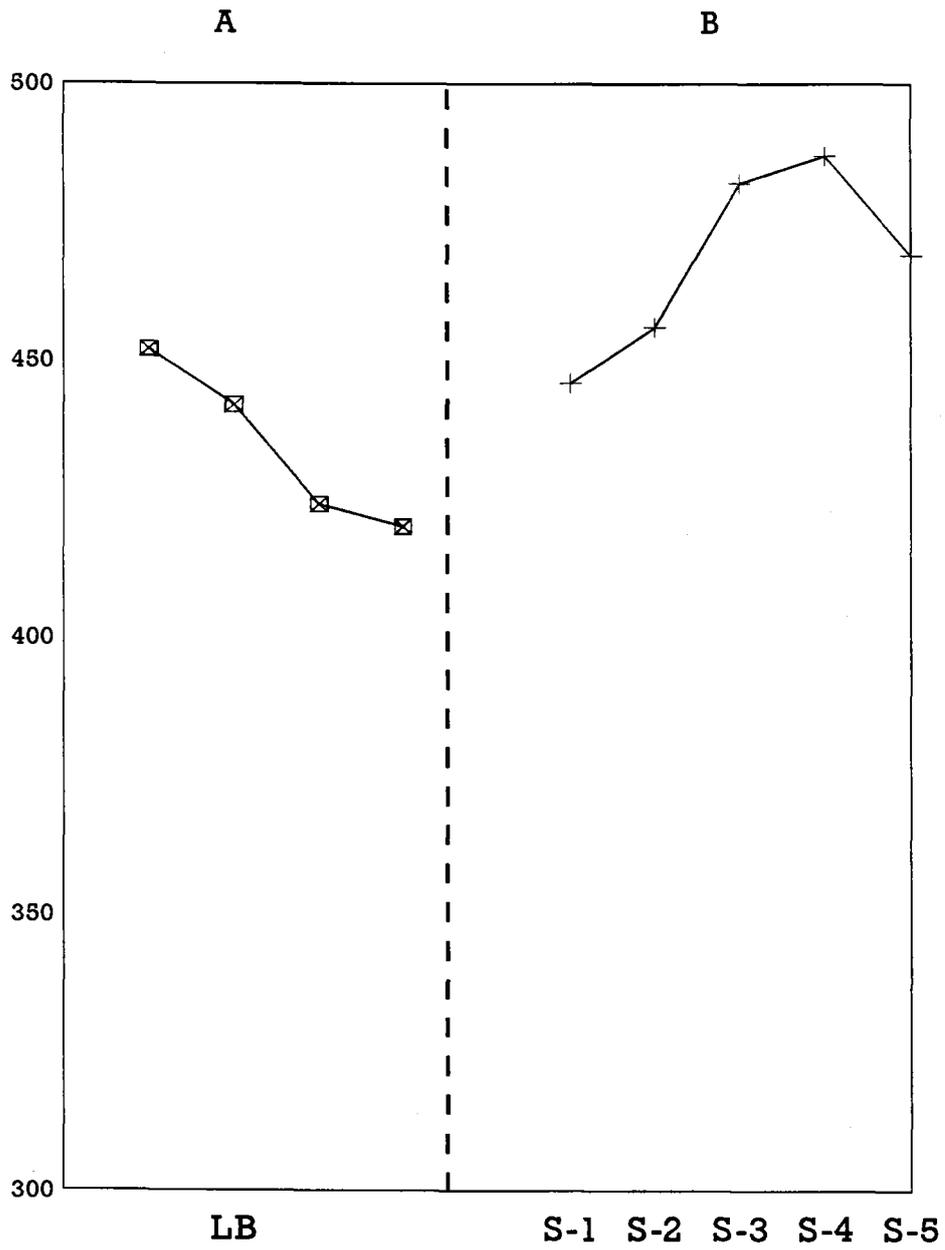


Figura 4.22: Evolución del tiempo de vuelo del Sujeto 3.

TABLA 4.14

SUJETO 3º, ESTRATEGIA A + B

Datos de Tiempo de Impulso y Tiempo de Vuelo entre las Fases A y B

LBO		FB	
timep	tvuelo	timep	tvuelo
155	435	153	467

\* tiempo en milisegundos

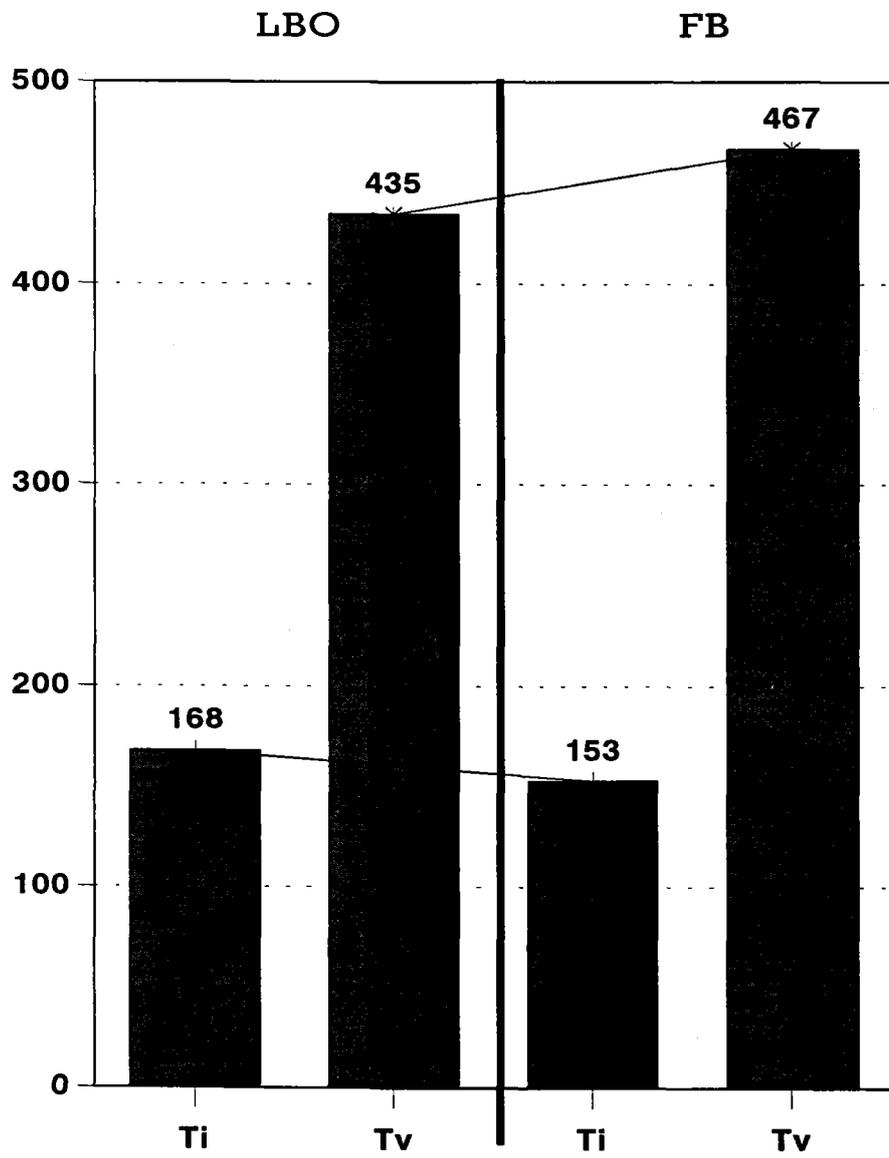


Figura 4.23: Comparación entre fases A y B.

Observando la figura 4.20 y 4.21, que recoge la evolución del tiempo de impulso del Sujeto 3, podemos establecer que tiene tendencia a mantenerse el tiempo de impulso en valores similares, como también aparece en la Tabla 4.12 ( 159.17 y 158.43), lo que no refleja una mejora de este parámetro con el entrenamiento de feedback.

Hemos de destacar que en la segunda sesión de aprendizaje si se produjo una disminución significativa del tiempo de impulso , de 159.17 a 150.47 en la segunda que se invirtió en la sesión tercera (160.47), el mayor de las cinco.

Que las desviaciones (DS) tienden a disminuir progresivamente conforme avanzan las sesiones de entrenamiento, como aparece en la Tabla 4.12, donde se describen el número de saltos, la media y la desviación por sesiones de entrenamiento, lo que parece indicar una mayor uniformidad en los tiempos de impulso en las sesiones de aprendizaje conforme se iban realizando.

Para comprobar la significatividad las observaciones realizadas, hemos contrastado la diferencia de las distintas sesiones de aprendizaje con la técnica *t de Student* para datos apareados. Los resultados obtenidos en la Tabla 4.13, no muestran para el Sujeto 3 diferencias significativas entre las sesiones, solamente existe entre las sesiones primera y segunda  $t = 3.073$  para  $p < .001$ , y en sentido contrario entre la segunda y tercera ( $t=4.717$ , para  $p < .001$ ).

Observando la evolución del tiempo de vuelo en la figura 4.22, vemos que no solamente no disminuye sino que muestra una tendencia clara a aumentar que se trunca en la quinta sesión, aunque queda por encima del obtenido en la línea base, que se comprueba observando la Tabla 4.14 o la figura 4.23, en la diferencia de este parámetro entre la línea base ( 435) y el final de las sesiones de aprendizaje (467), si bien es mucho mayor en la sesión anterior 487 milisegundos.

Podemos deducir de los resultados que obtiene el sujeto 3, que se ha mantenido su tiempo de impulso y a incrementado su tiempo de vuelo entre la línea base y la sesión número cinco como aparece en la tabla comparativa 4.14.

# **SUJETO N° 4**

SEXO: HOMBRE  
EDAD: 23 AÑOS  
PESO: 81 KILOGRAMOS  
ESTRATEGIA: A - C

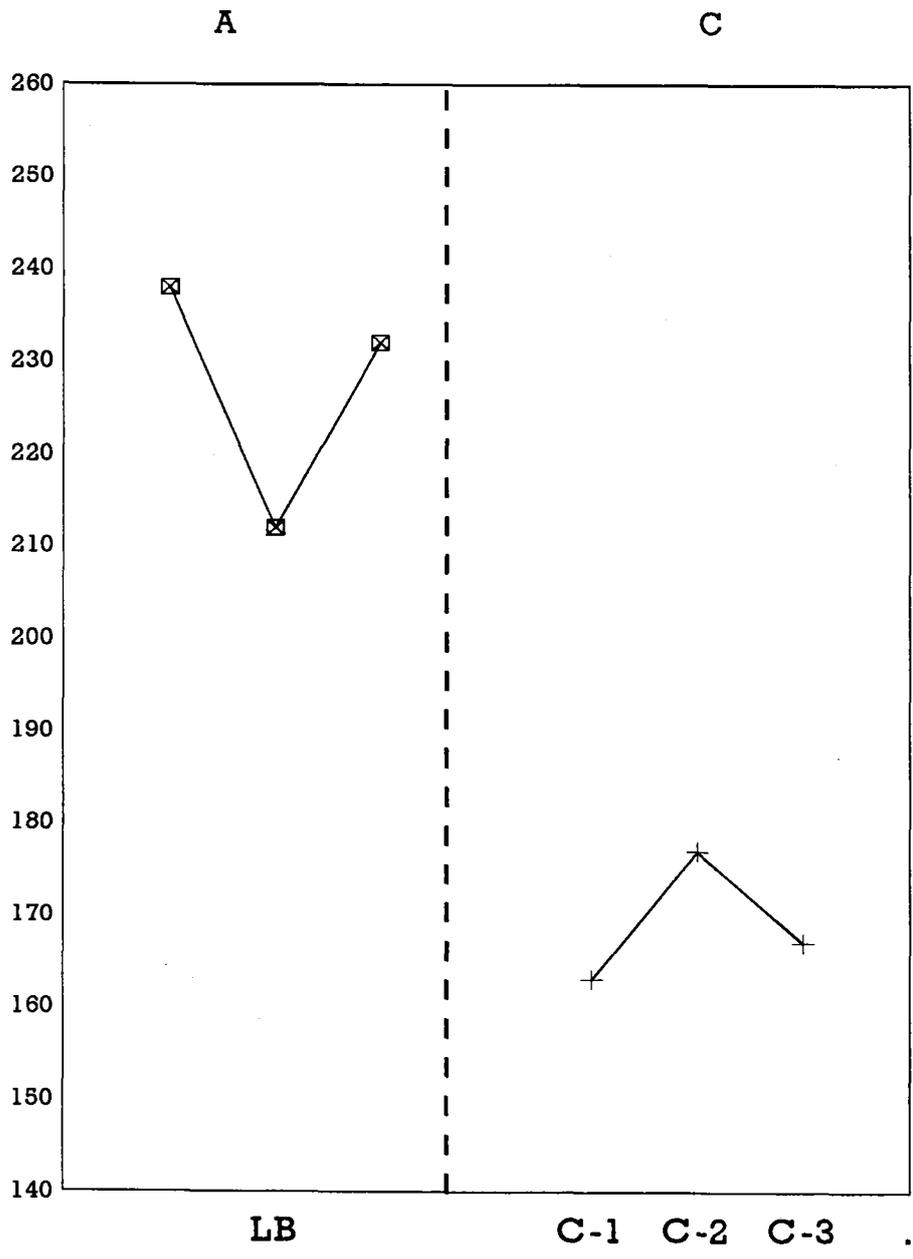


Figura 4.24: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 4.

TABLA 4.15

SUJETO 4°

Media del Tiempo de Impulso de las Semanas de Entrenamiento.

SEMANA	N°ENTRENAMIENTOS	MEDIA
PRIMERA	4	163
SEGUNDA	4	177
TERCERA	4	167

\* Los datos se expresan en milisegundos.

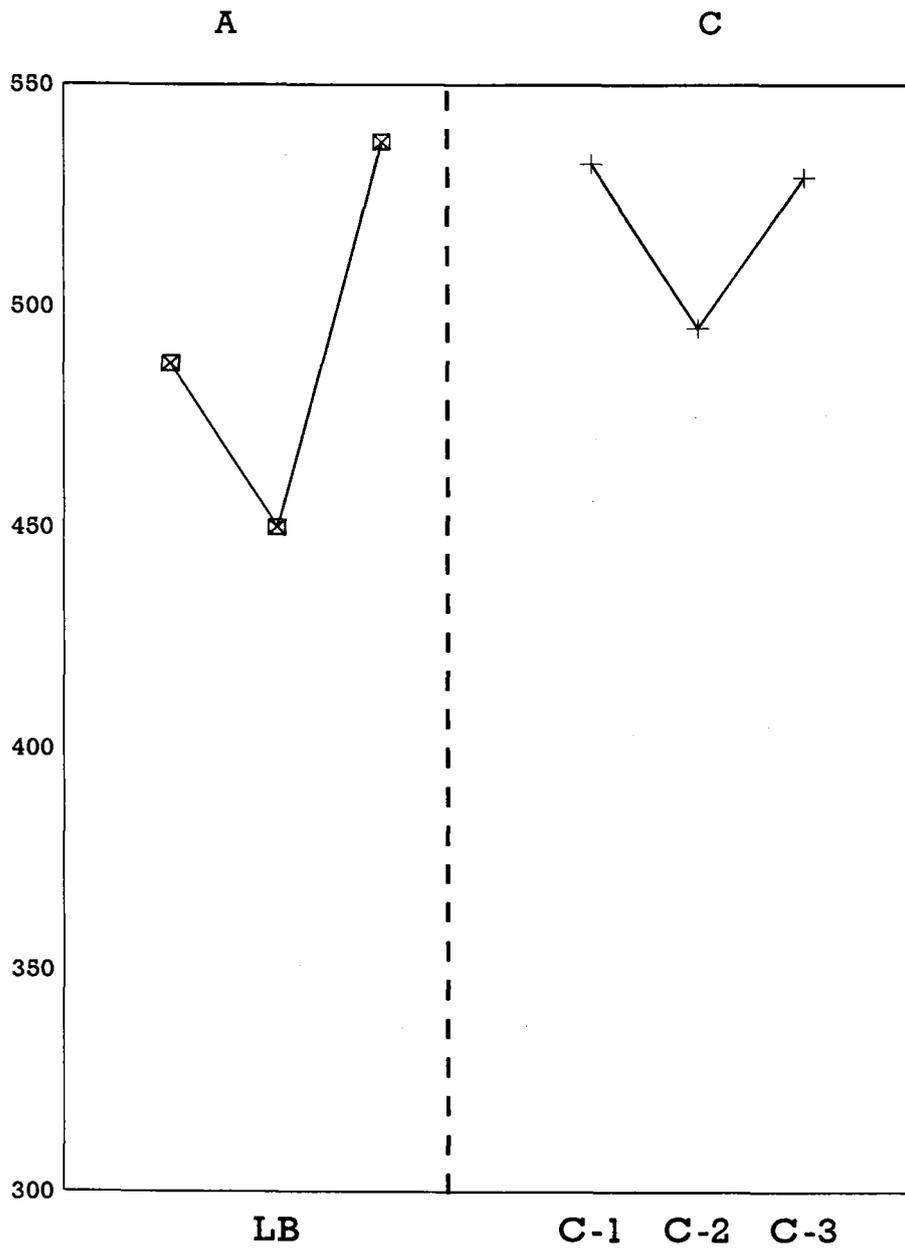


Figura 4.25: Evolución del tiempo de vuelo del Sujeto 4.

TABLA 4.16

SUJETO 4º, ESTRATEGIA A + C

Datos de Tiempo de Impulso y Tiempo de Vuelo entre las Fases A y B

LBO		ENTRENAMIENTOS	
timep	tvuelo	timep	tvuelo
212	505	167	514

\* tiempo en milisegundos

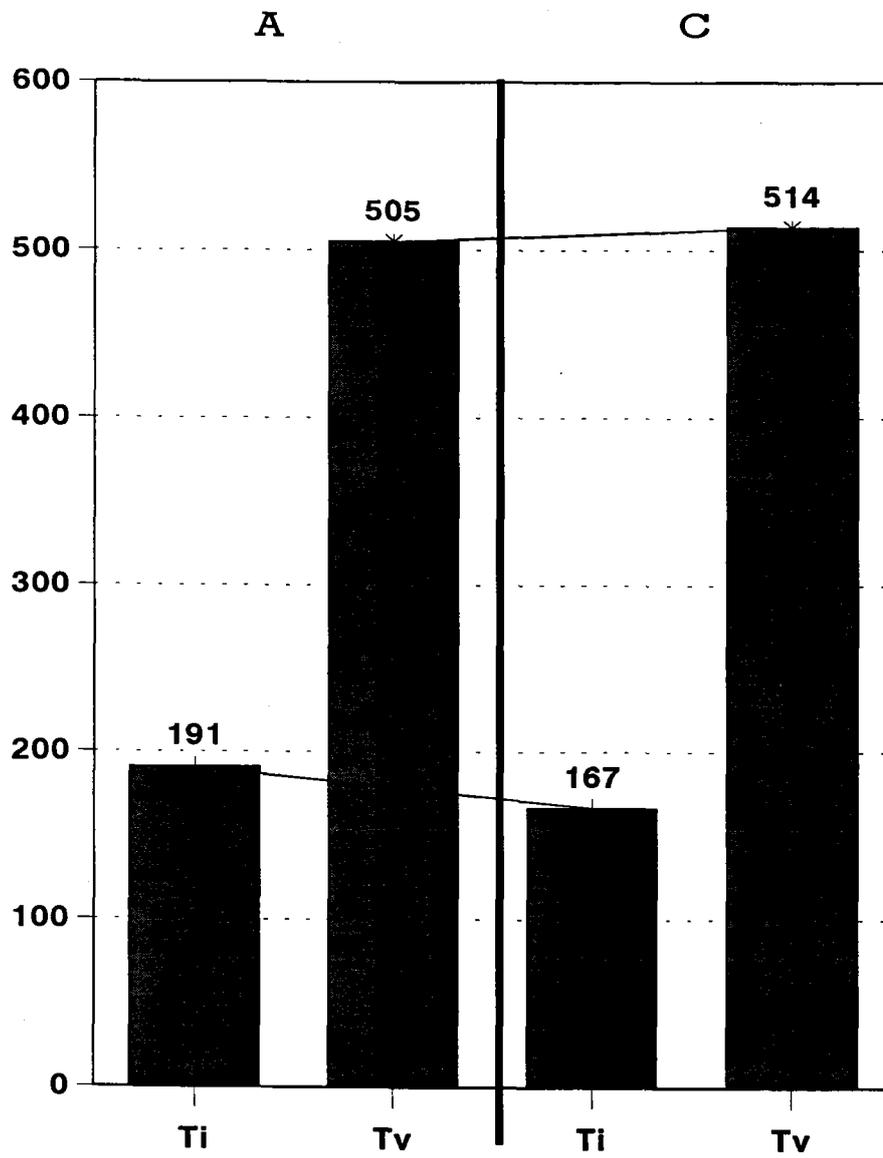


Figura 4.26: Comparación entre fases A y C.

Observando la figura 4.24, que recoge la evolución del tiempo de impulso del Sujeto 4, podemos establecer que tiene tendencia a mantenerse el tiempo de impulso durante las sesiones de entrenamiento de potencia, como también aparece en la Tabla 4.15, sin embargo al compararlo con la línea base, este ha disminuido como se ve en la figura 4.26 ( 212 y 167), lo que refleja una mejora de este parámetro con el entrenamiento de potencia, que no se refleja entre sesiones.

Observando la evolución del tiempo de vuelo en la figura 4.25, vemos que no solamente no disminuye al disminuir el tiempo de impulso, sino que muestra una tendencia clara a aumentar, que se comprueba observando la Tabla 4.16 o la figura 4.26, en la diferencia de este parámetro entre la línea base ( 491) y el final de las sesiones de entrenamiento de potencia (514), sin embargo entre ellas se mantiene en los mismos parámetros, con un descenso más acusado que coincide con el incremento del tiempo de impulso de la sesión dos.

Podemos deducir de los resultados que obtiene el sujeto 4, que ha disminuido su tiempo de impulso y a incrementado su tiempo de vuelo entre la línea base y la tercera semana de entrenamiento como aparece en la tabla comparativa 4.16 y en la figura 4.26, si bien dentro de la fase C no se observan cambios destacables.

# **SUJETO N° 5**

**SEXO: HOMBRE  
EDAD: 26 AÑOS  
PESO: 65 KILOGRAMOS  
ESTRATEGIA: A - C**

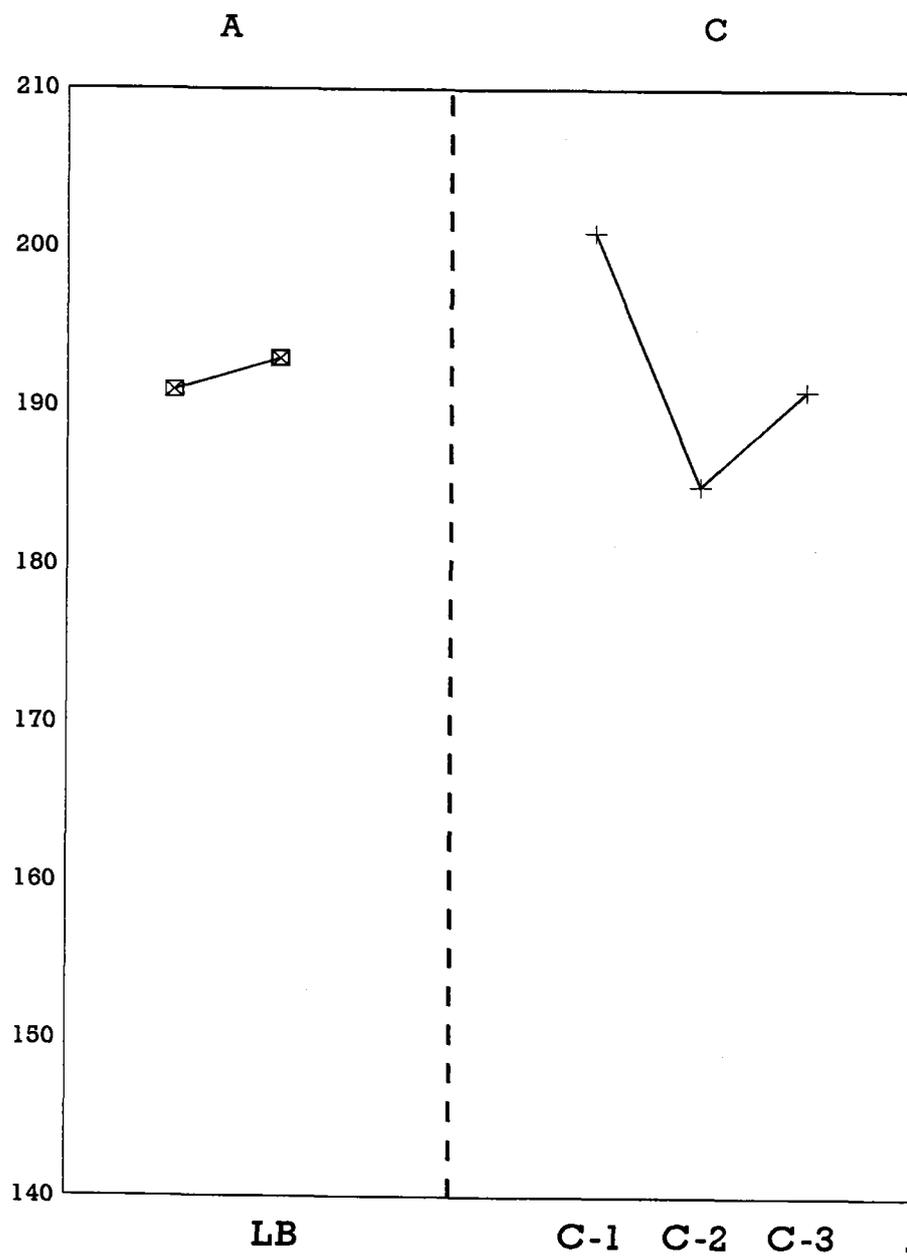


Figura 4.27: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 5.

TABLA 4.17

SUJETO 5°

Media del Tiempo de Impulso de las Semanas de Entrenamiento.

SEMANA	N°ENTRENAMIENTOS	MEDIA
PRIMERA	4	201
SEGUNDA	4	185
TERCERA	4	191

\* Los datos se expresan en milisegundos.

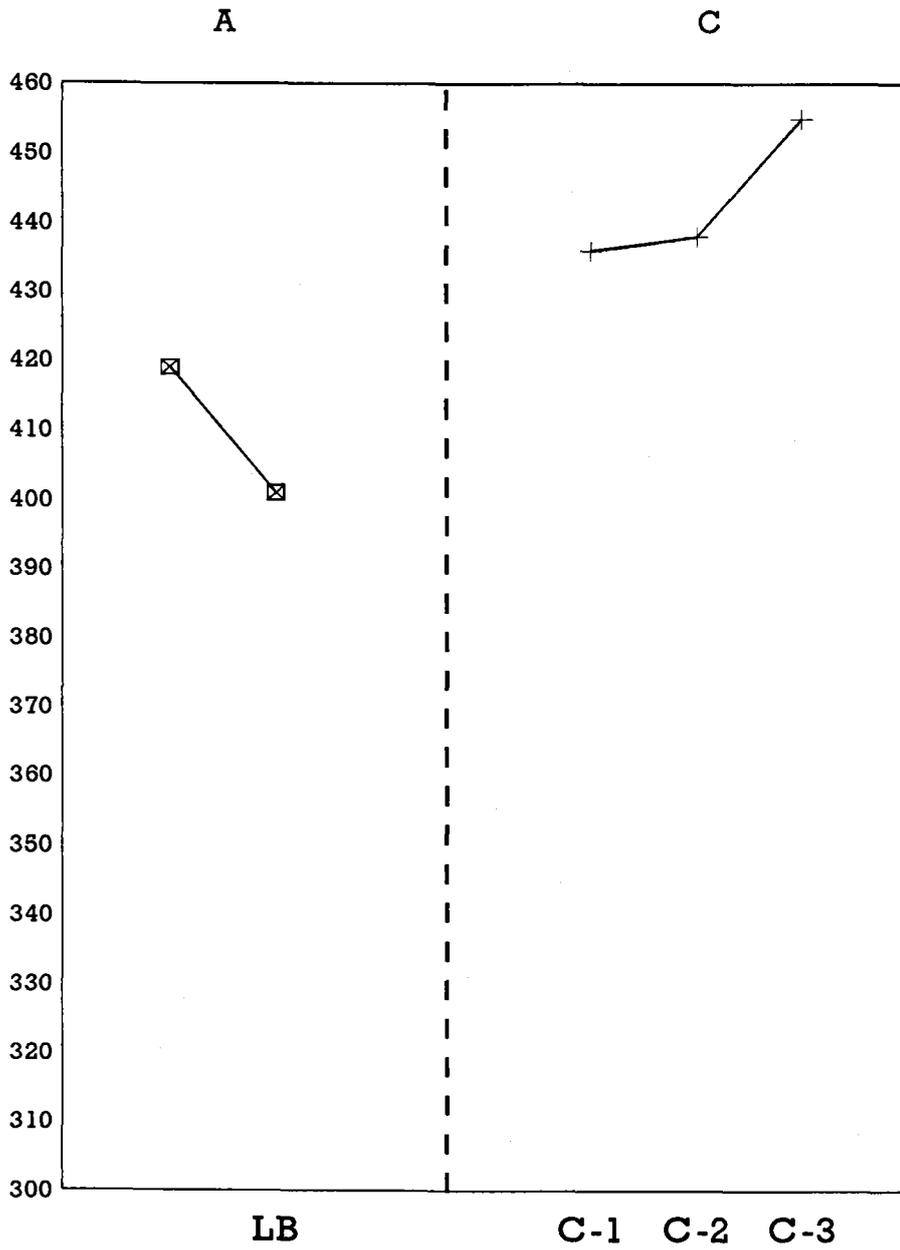


Figura 4.28: Evolución del tiempo de vuelo del Sujeto 5.

TABLA 4.18

SUJETO 5º, ESTRATEGIA A + C

Datos de Tiempo de Impulso y Tiempo de Vuelo entre las Fases A y B

LBO		ENTRENAMIENTOS	
timep	tvuelo	timep	tvuelo
191	419	191	455

\* tiempo en milisegundos

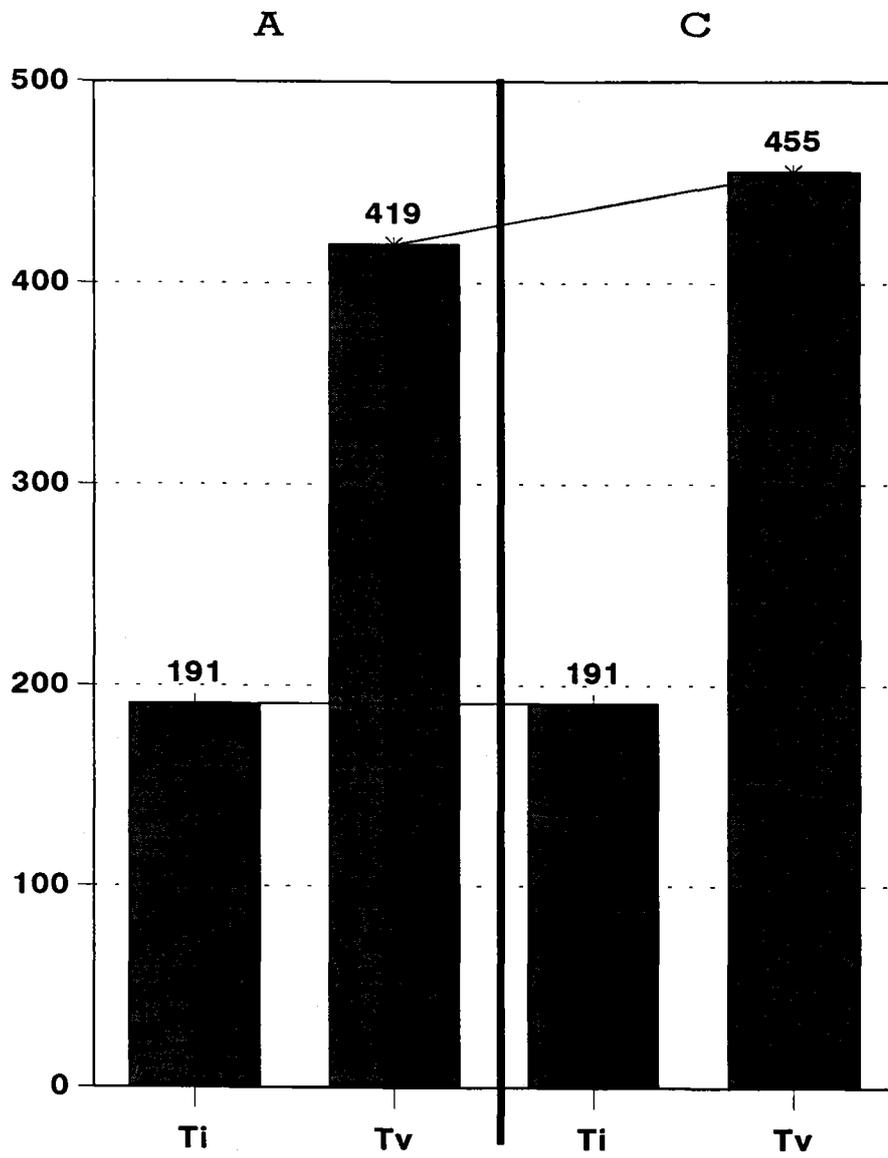


Figura 4.29: Comparación entre fases A y C.

Observando la figura 4.29, que recoge la evolución del tiempo de impulso del Sujeto 5, podemos establecer que tiene tendencia a mantenerse el tiempo de impulso entre la fase A y la fase C, de entrenamiento de potencia, como también aparece en la Tabla 4.18, sin embargo al compararlo entre controles este ha disminuido, teniendo un pico mínimo en la segunda semana de entrenamiento como se ve en la figura 4.27 y la Tabla 4.17, de 185 milisegundos, que luego crece en el control de la tercera semana a 191, quedándose igual que en la línea base.

Observando la evolución del tiempo de vuelo en la figura 4.28, vemos que muestra una tendencia clara a aumentar, que se comprueba observando la Tabla 4.18 o la figura 4.29, en la diferencia de este parámetro entre la línea base ( 419) y el final de las sesiones de entrenamiento de potencia (455). Entre controles de entrenamiento este incremento es progresivo, de los 436 milisegundos de la primera semana de entrenamiento a los 455 de la tercera semana de entrenamiento.

Podemos deducir de los resultados que obtiene el sujeto 5, que se ha mantenido su tiempo de impulso y a incrementado su tiempo de vuelo entre la línea base y la tercera semana de entrenamiento como aparece en la tabla comparativa 4.18 y en la figura 4.29.

# **SUJETO N° 6**

SEXO: HOMBRE  
EDAD: 25 AÑOS  
PESO: 74 KILOGRAMOS  
ESTRATEGIA: A - C

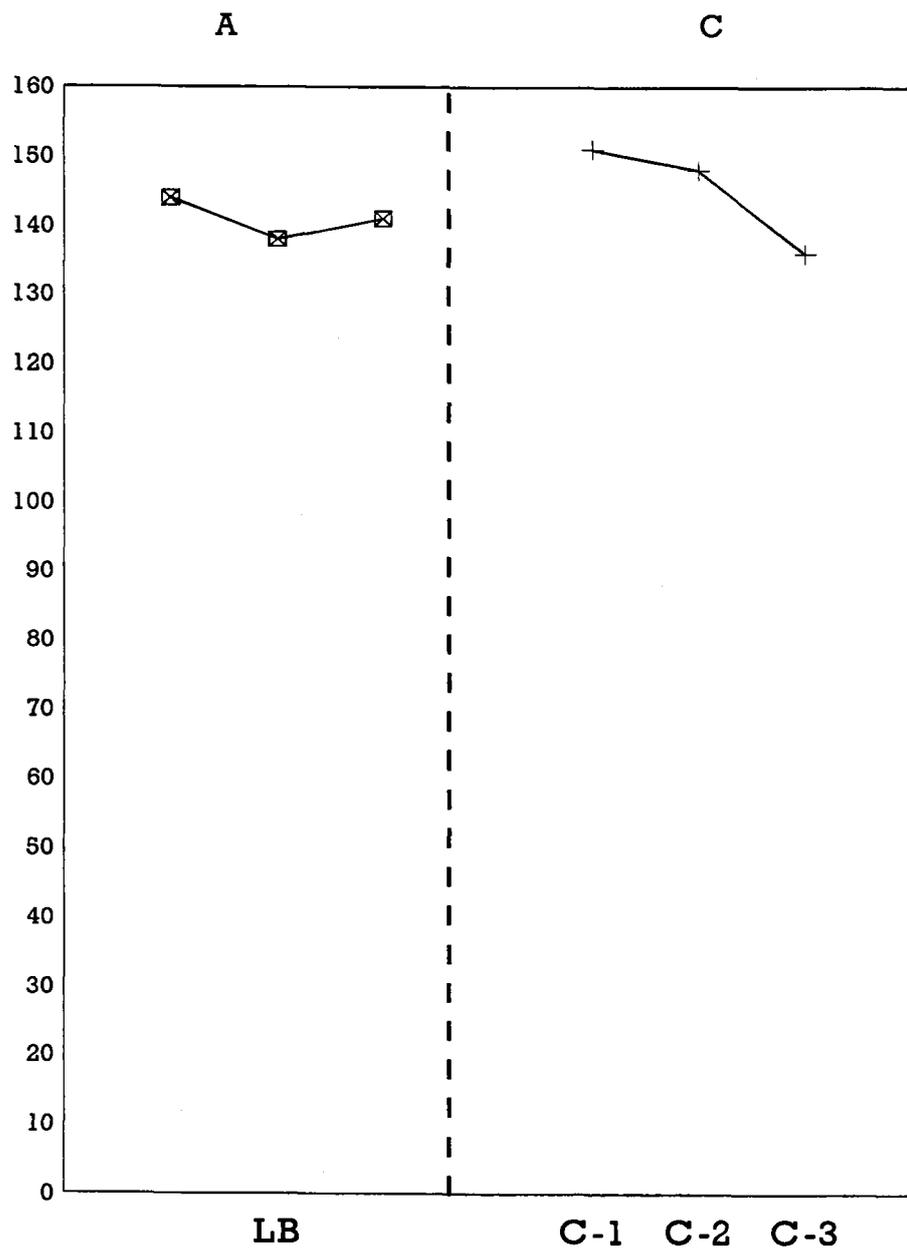


Figura 4.30: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 6.

TABLA 4.19

SUJETO 6°

Media del Tiempo de Impulso de las Semanas de Entrenamiento.

SEMANA	N°ENTRENAMIENTOS	MEDIA
PRIMERA	4	151
SEGUNDA	4	148
TERCERA	4	136

\* Los datos se expresan en milisegundos.

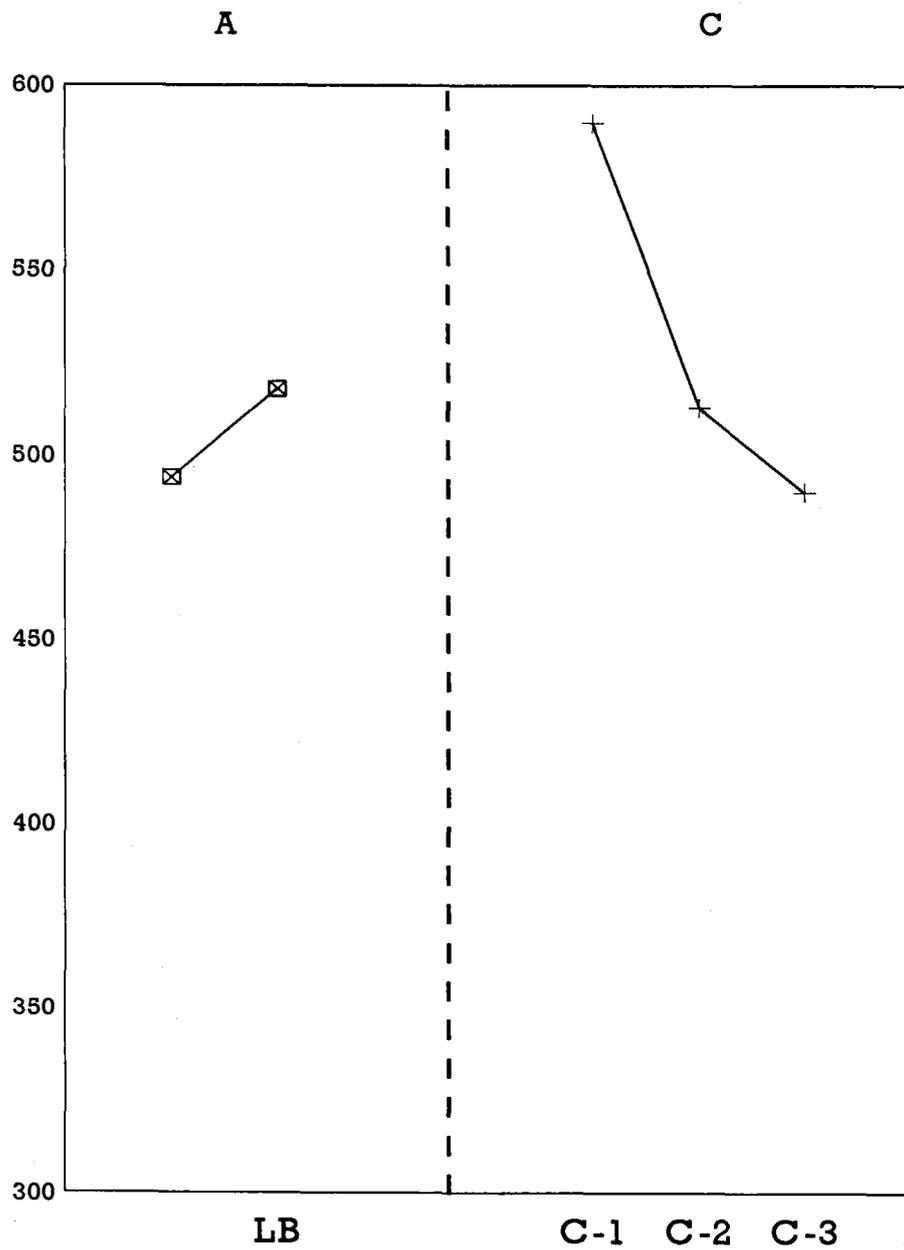


Figura 4.31: Evolución del tiempo de vuelo del Sujeto 6.

TABLA 4.20

SUJETO 6º, ESTRATEGIA A + C

Datos de Tiempo de Impulso y Tiempo de Vuelo entre las Fases A y B

LBO		ENTRENAMIENTOS	
timep	tvuelo	timep	tvuelo
141	518	136	490

\* tiempo en milisegundos

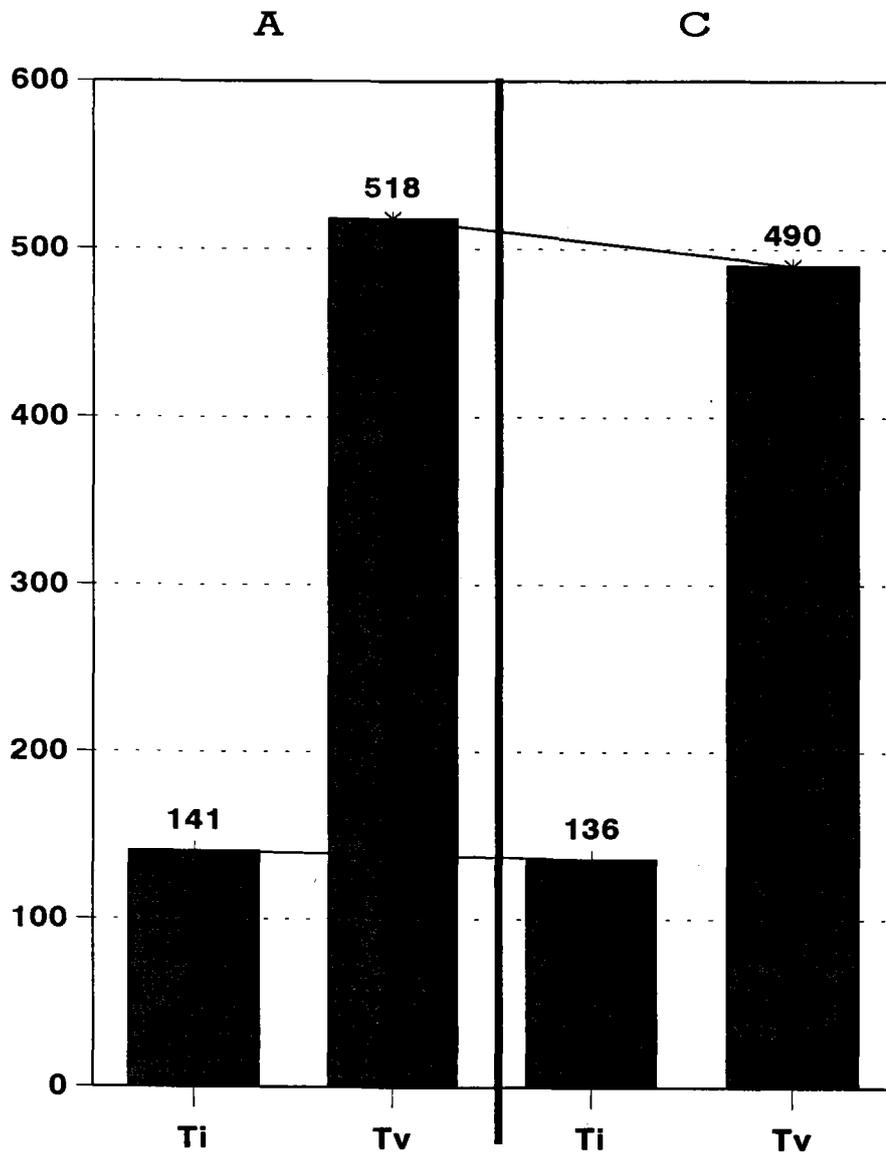


Figura 4.32: Comparación entre fases A y C.

Observando la figura 4.30, que recoge la evolución del tiempo de impulso del Sujeto 6, podemos establecer que tiene tendencia a mantenerse el tiempo de impulso entre la fase A y la fase C, de entrenamiento de potencia, ya que la diferencia parece poco significativa al compararla con los demás sujetos (cuatro o cinco). Esta diferencia aparece también en la Tabla 4.20, sin embargo al compararlo entre controles este ha disminuido, teniendo su pico mínimo en la tercera semana de entrenamiento como se ve en la figura 4.30 y la Tabla 4.19, de 136 milisegundos, siendo este control el que muestra la diferencia con la línea base.

Observando la evolución del tiempo de vuelo en la figura 4.31, vemos que muestra una tendencia clara a disminuir, que se comprueba observando la Tabla 4.20 o la figura 4.32, en la diferencia de este parámetro entre la línea base ( 518) y el final de las sesiones de entrenamiento de potencia (490). Entre controles de entrenamiento este decremento es progresivo, de los 590 milisegundos de la primera semana de entrenamiento a los 490 de la tercera semana de entrenamiento.

Podemos deducir de los resultados que obtiene el sujeto 6, que se ha disminuido un poco su tiempo de impulso y a disminuido su tiempo de vuelo entre la línea base y la tercera semana de entrenamiento como aparece en la tabla comparativa 4.20 y en la figura 4.32, disminuyendo también entre sesiones de entrenamiento.

# **SUJETO N° 7**

**SEXO: HOMBRE  
EDAD: 26 AÑOS  
PESO: 69 KILOGRAMOS  
ESTRATEGIA: A - C**

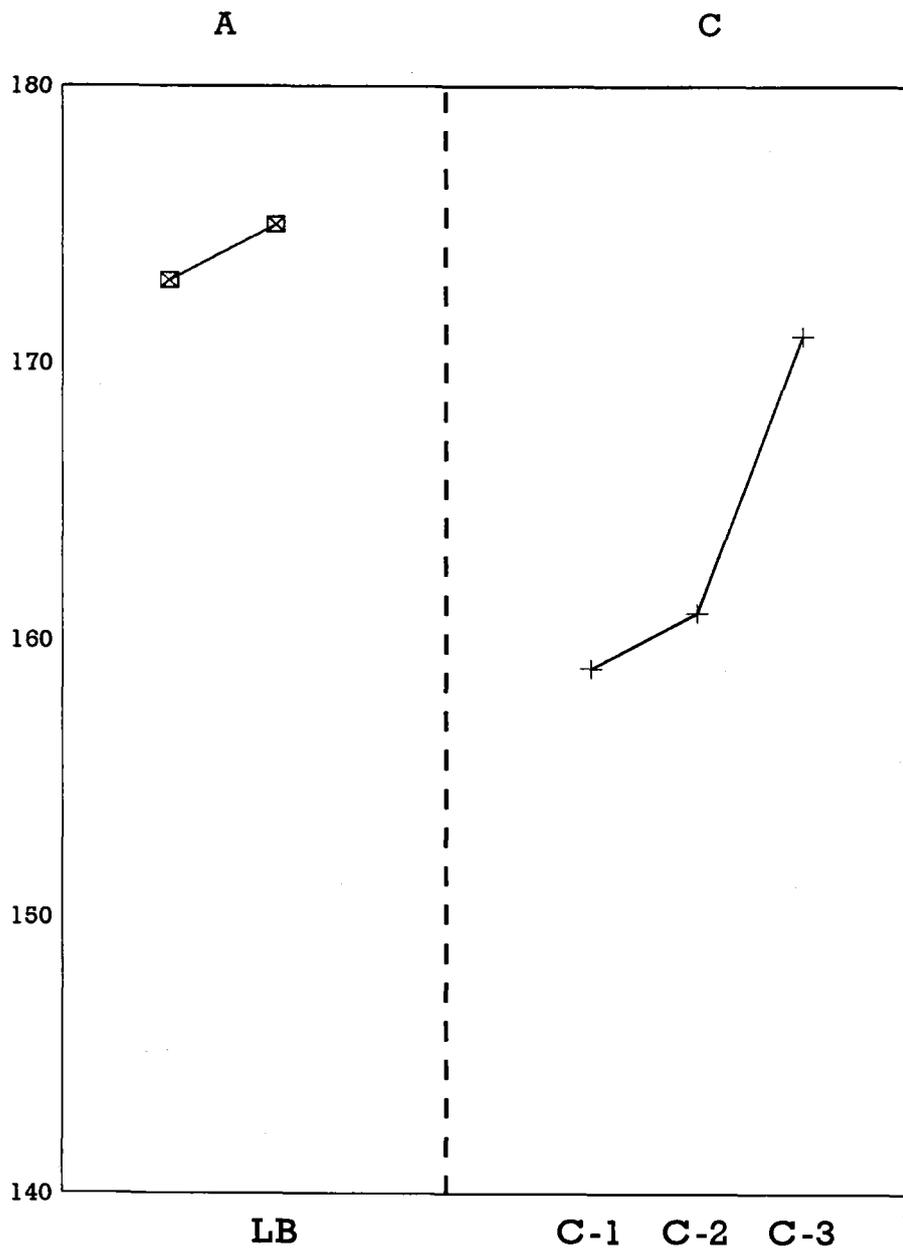


Figura 4.33: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 7.

TABLA 4.21

SUJETO 7°

Media del Tiempo de Impulso de las Semanas de Entrenamiento.

SEMANA	N°ENTRENAMIENTOS	MEDIA
PRIMERA	4	159
SEGUNDA	4	161
TERCERA	4	171

\* Los datos se expresan en milisegundos.

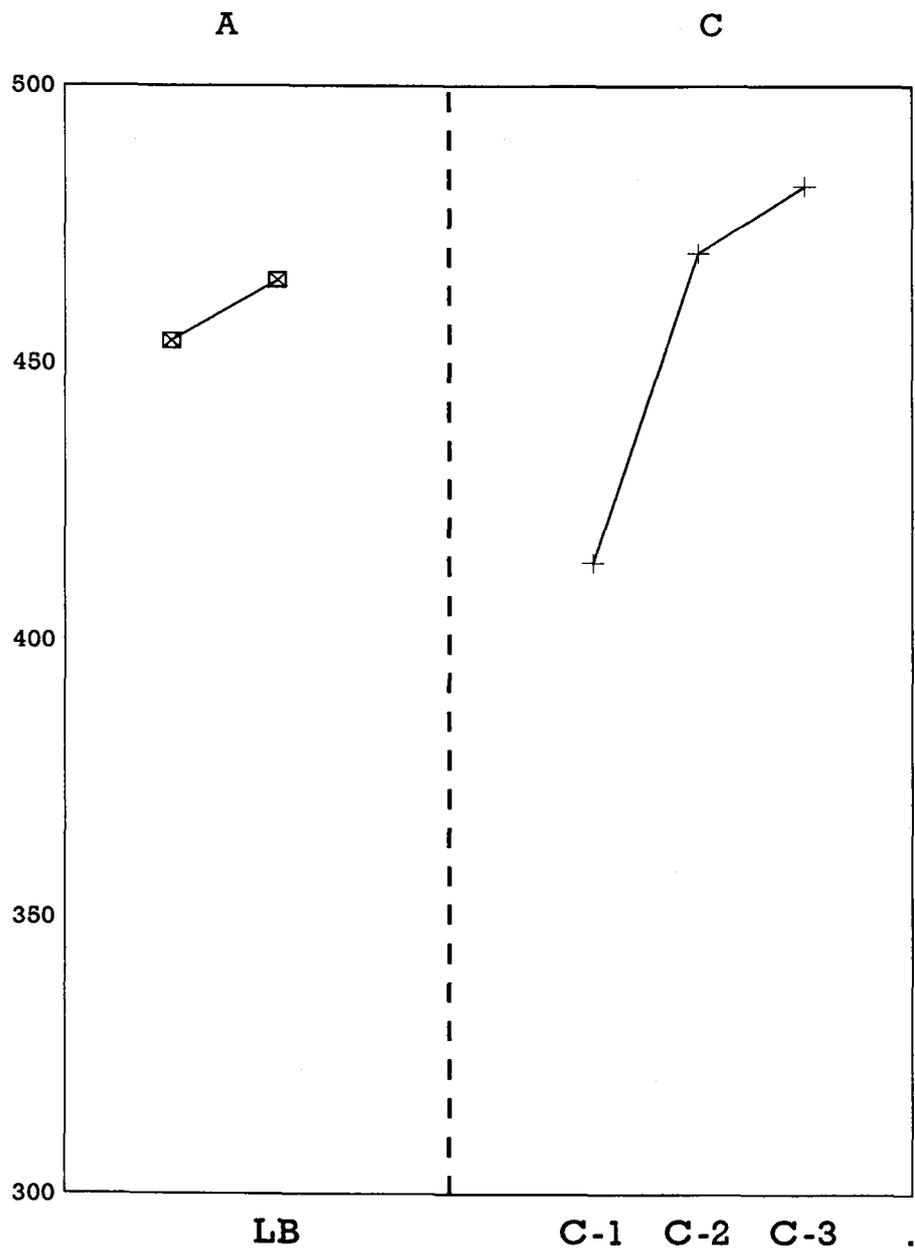


Figura 4.34: Evolución del tiempo de vuelo del Sujeto 7.

TABLA 4.22

SUJETO 7º, ESTRATEGIA A + C

Datos de Tiempo de Impulso y Tiempo de Vuelo entre las Fases A y B

LBO		ENTRENAMIENTOS	
timep	tvuelo	timep	tvuelo
173	455	171	482

\* tiempo en milisegundos

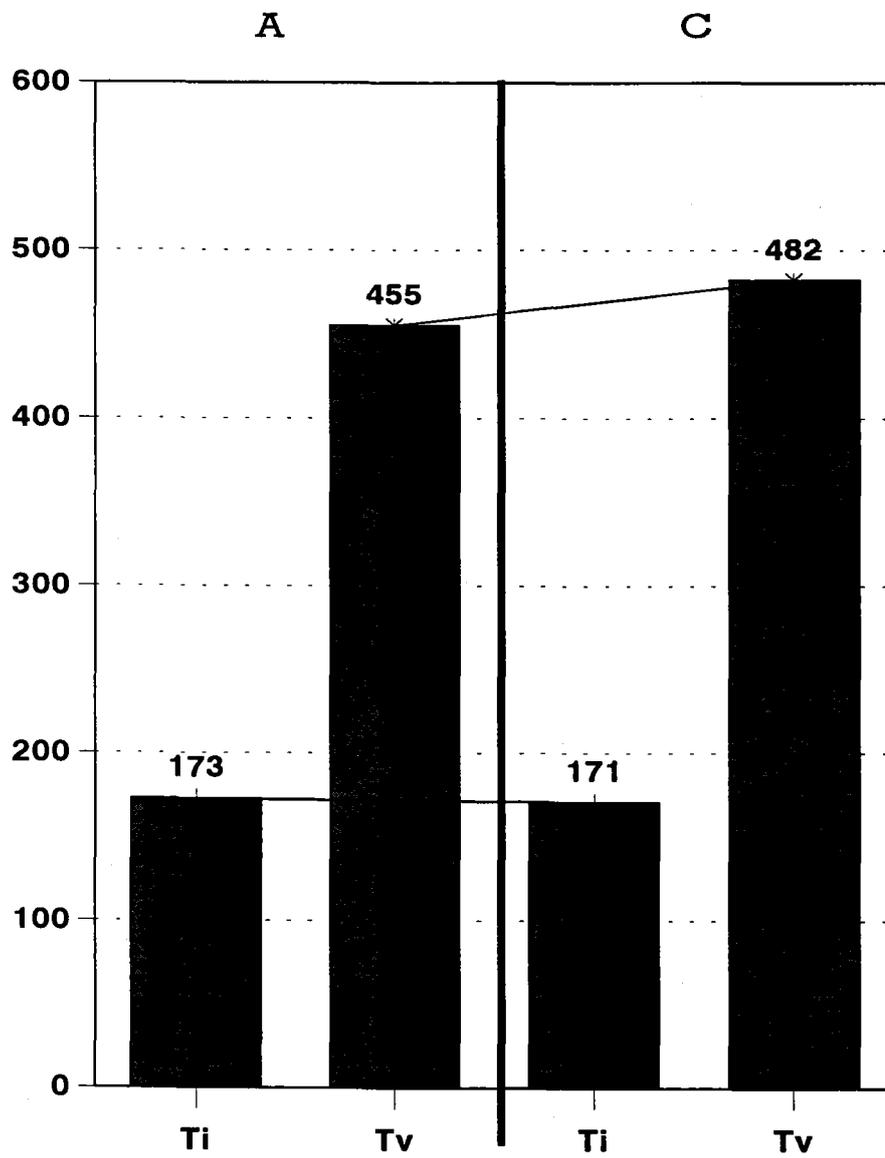


Figura 4.35: Comparación entre fases A y C.

Como se observa en las figuras 4.33 y 4.34, el tiempo de impulso y el tiempo de vuelo tienen una evolución parecida, tanto en la línea base como en las semanas de entrenamiento. Al pasar de la línea base al control posterior a la primera semana de entrenamiento, los tiempo habían disminuido su valor, para durante los controles de las semanas de entrenamiento ir incrementándose progresivamente, tiempo de impulso 159, 161 y 171 milisegundos y 414, 470 y 482 milisegundos.

Observando la figura 4.35 vemos que al comparar las fases A y C se observa una diferencia mínima del tiempo de impulso, de 173 a 171 milisegundos y un incremento del tiempo de vuelo de 455 a 482 milisegundos, reflejando el incremento de la potencia de los músculos flexores del pie.

# **SUJETO N° 8**

**SEXO: MUJER  
EDAD: 25 AÑOS  
PESO: 63 KILOGRAMOS  
ESTRATEGIA: A - C**

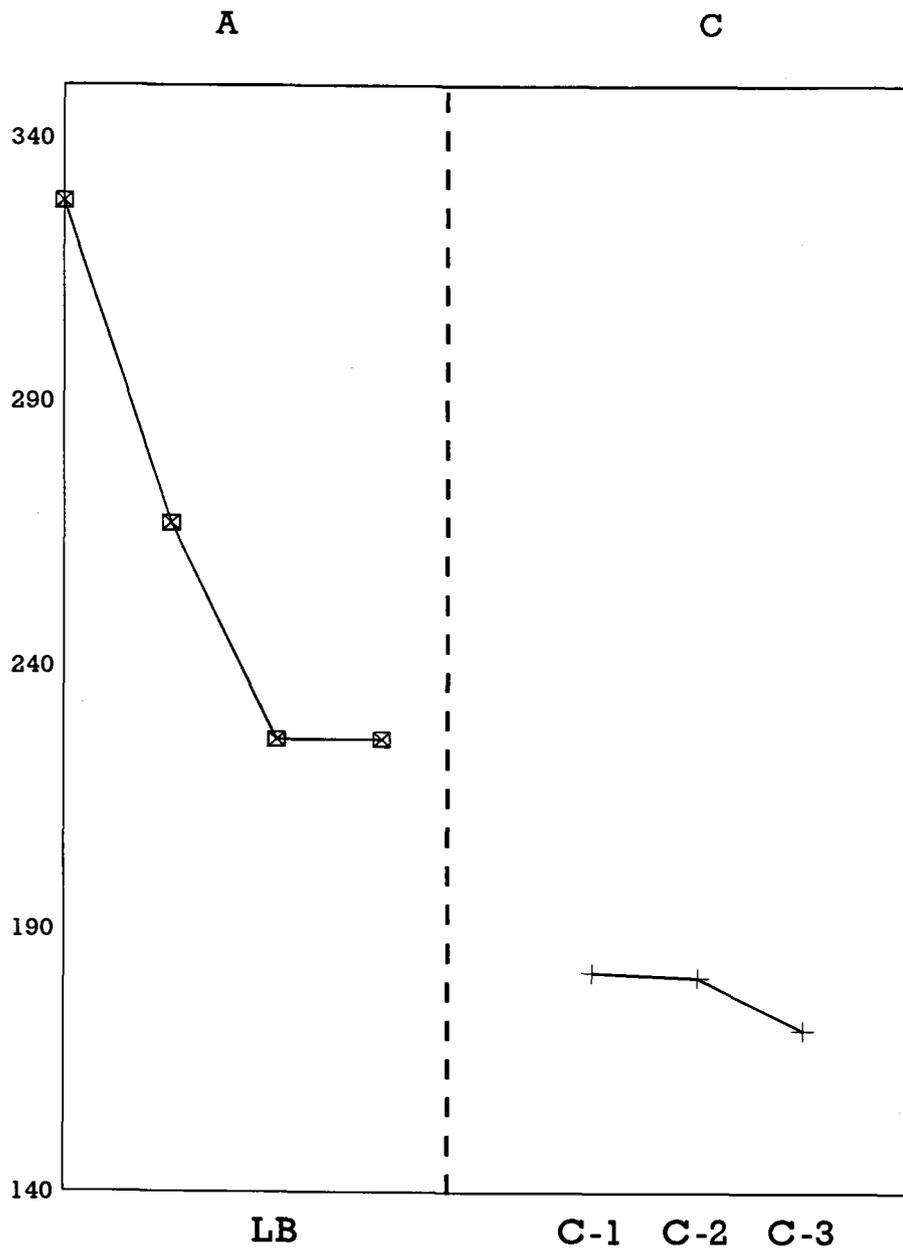


Figura 4.36: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 8.

TABLA 4.23

SUJETO 8°

Media del Tiempo de Impulso de las Semanas de Entrenamiento.

SEMANA	N°ENTRENAMIENTOS	MEDIA
PRIMERA	4	182
SEGUNDA	4	171
TERCERA	4	150

\* Los datos se expresan en milisegundos.

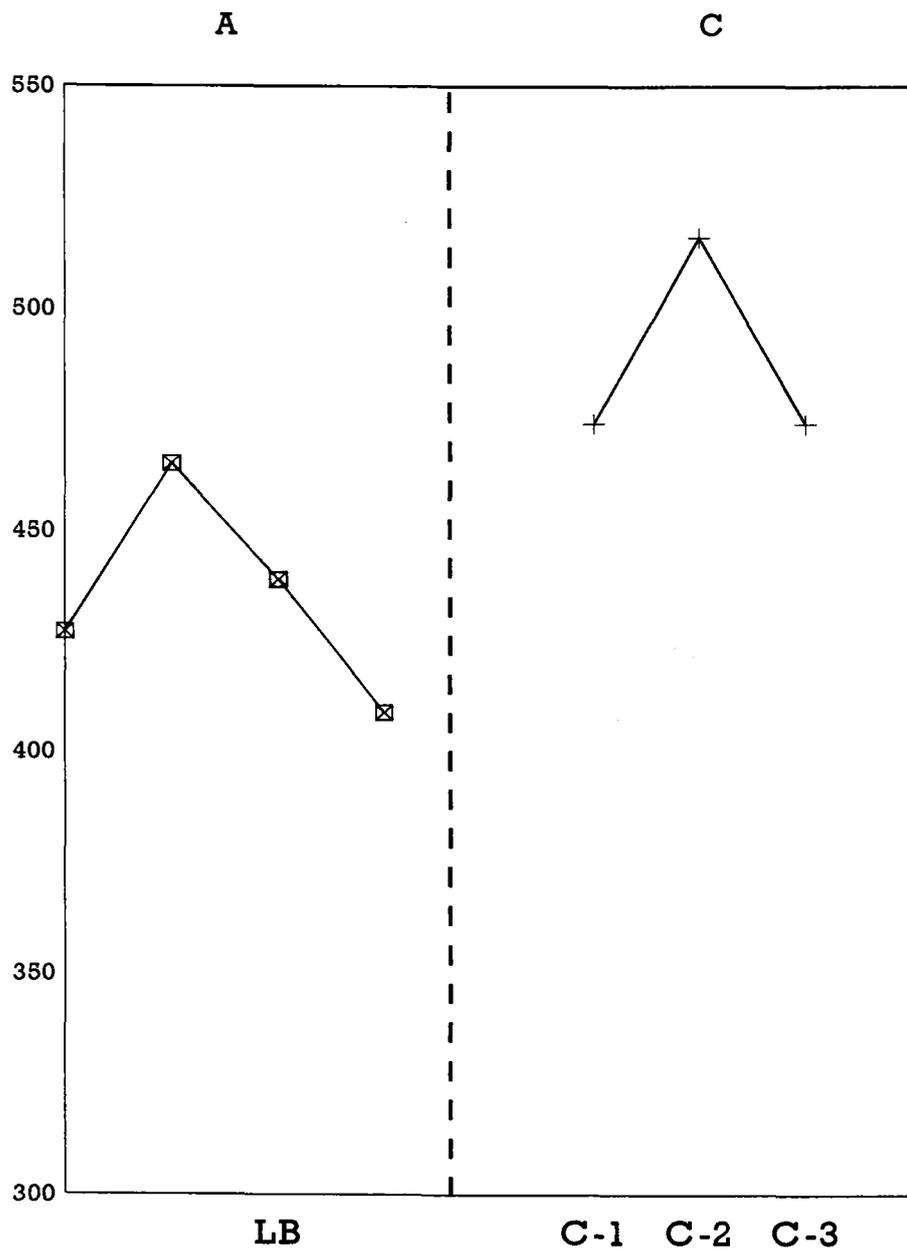


Figura 4.37: Evolución del tiempo de vuelo del Sujeto 8.

TABLA 4.24

SUJETO 8º, ESTRATEGIA A + C

Datos de Tiempo de Impulso y Tiempo de Vuelo entre las Fases A y B

LBO		ENTRENAMIENTOS	
time	tvuelo	time	tvuelo
262	435	171	516

\* tiempo en milisegundos

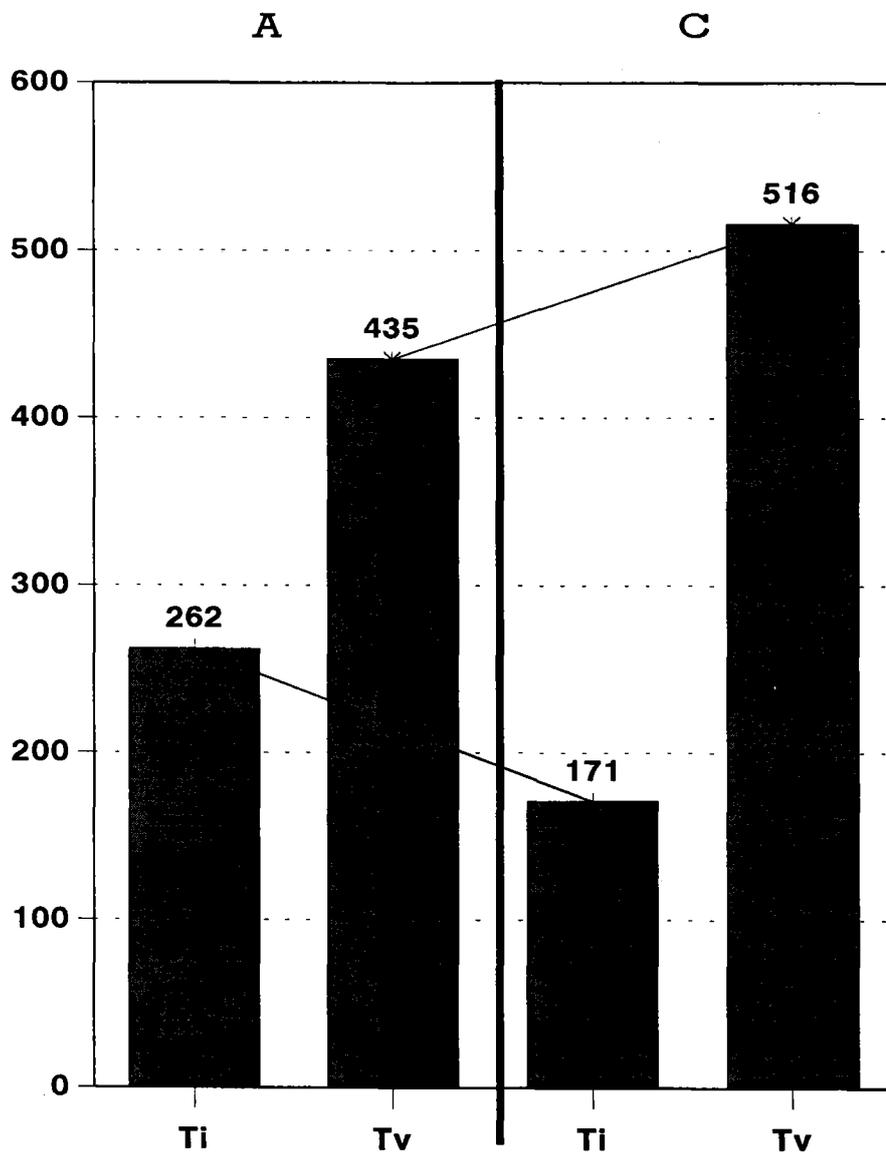


Figura 4.38: Comparación entre fases A y C.

La variable independiente de este estudio, el tiempo de impulso, en el sujeto 8 se comporta de forma especial durante la toma de los datos de la línea base, observándose una disminución muy pronunciada antes de estabilizarse en 262 milisegundos (figura 4.36). Durante la fase C de entrenamiento, este parámetro se comporta de forma más moderada si bien sigue disminuyéndose su valor, manteniendo la tendencia a disminuir (Tabla 4.23).

Observando la figura 4.37 podemos observar una evolución irregular del tiempo de vuelo, donde si lo apareamos con su tiempo de impulso vemos que para disminuir el tiempo de impulso de la tercera semana de entrenamiento, el sujeto ha disminuido su tiempo de vuelo, mostrando su mejor resultado combinado en la semana segunda.

Los resultados obtenidos en la fase A y la C muestran (figura 4.38) muestran una mejora en el tiempo de impulso, de 262 a 171 milisegundos y un aumento del tiempo de vuelo, de 435 a 516 milisegundos, mostrando la efectividad del tratamiento.

# **SUJETO N° 9**

**SEXO: MUJER  
EDAD: 23 AÑOS  
PESO: 50 KILOGRAMOS  
ESTRATEGIA: A - B - C**

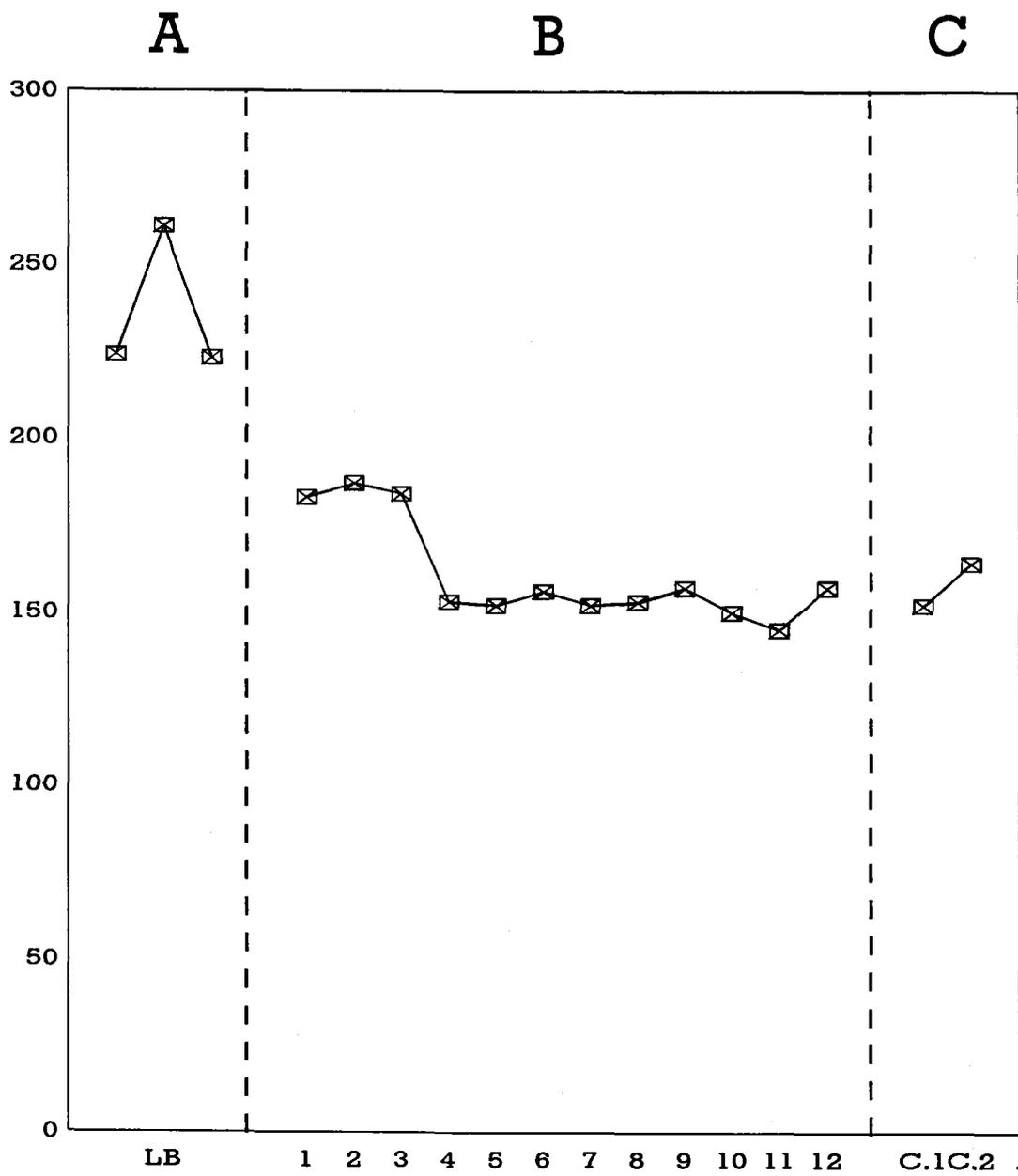


Figura 4.39: Evolución del tiempo de Impulso en las tres fases del sujeto número 9.

TABLA 4.25

SUJETO 9°

Estadística Descriptiva del Tiempo de Impulso de las Sesiones de la Fase B.

BLOQUE	NºSALTOS	MEDIA	D.S.
PRIMERO	10	152	2
SEGUNDO	10	158	2
TERCERO	10	164	7
CUARTO	10	161	7
QUINTO	10	167	5
SEXTO	10	166	4
SEPTIMO	10	173	6
OCTAVO	10	174	6
NOVENO	10	164	4
UNDECIMO	10	168	6
DUODECIMO	10	168	5

\* Los datos se expresan en milisegundos.

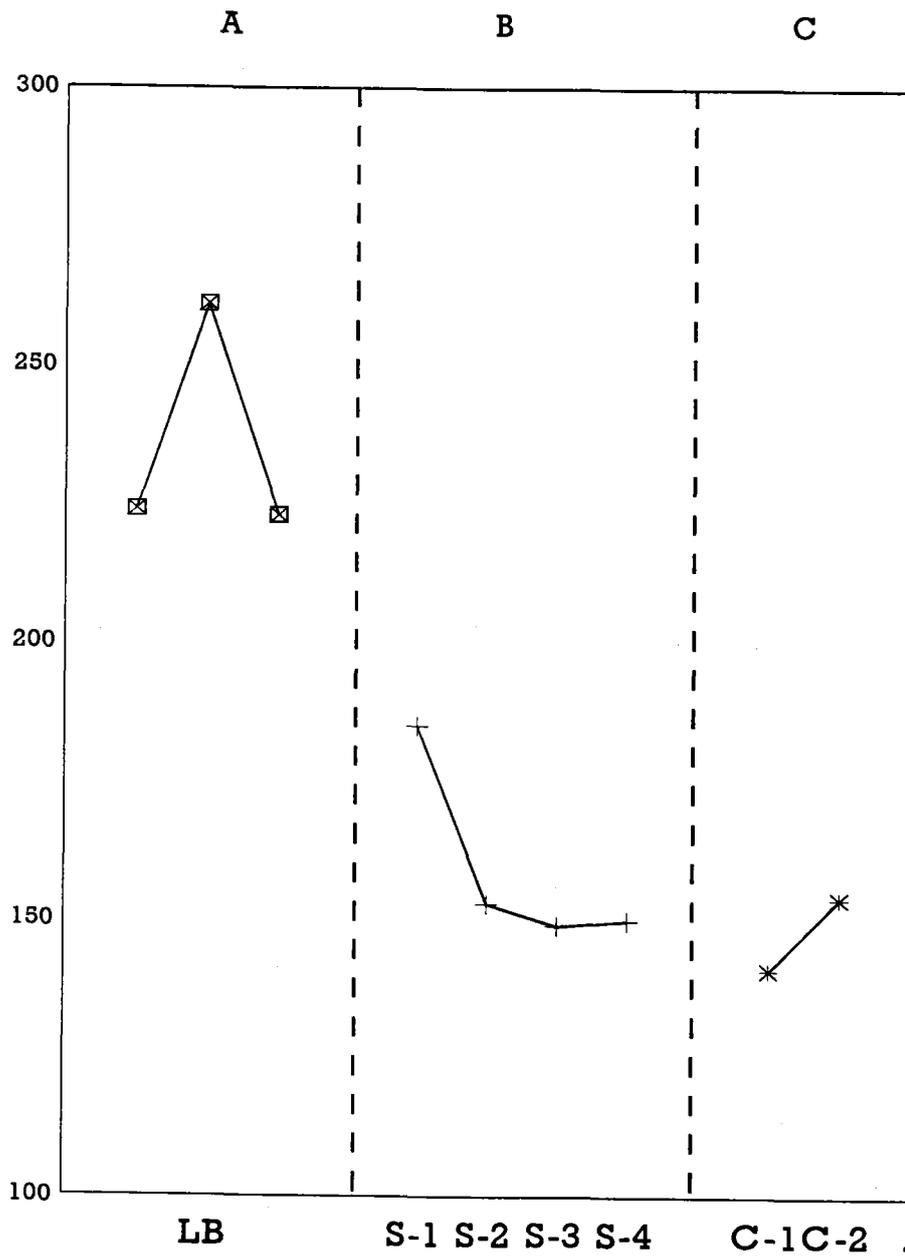


Figura 4.40: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 9 por Sesiones.

TABLA 4.26

SUJETO 9º, ESTRATEGIA A + B + C

*t de Student* del Tiempo de Impulso entre las Sesiones de la Fase B.

SESIONES	1	2	3	4
PRIMERA		5.325**		5.546**
SEGUNDA			.207*	1.312*
TERCERA				1.476*
CUARTA				

\* P > .05

\*\* P < .001

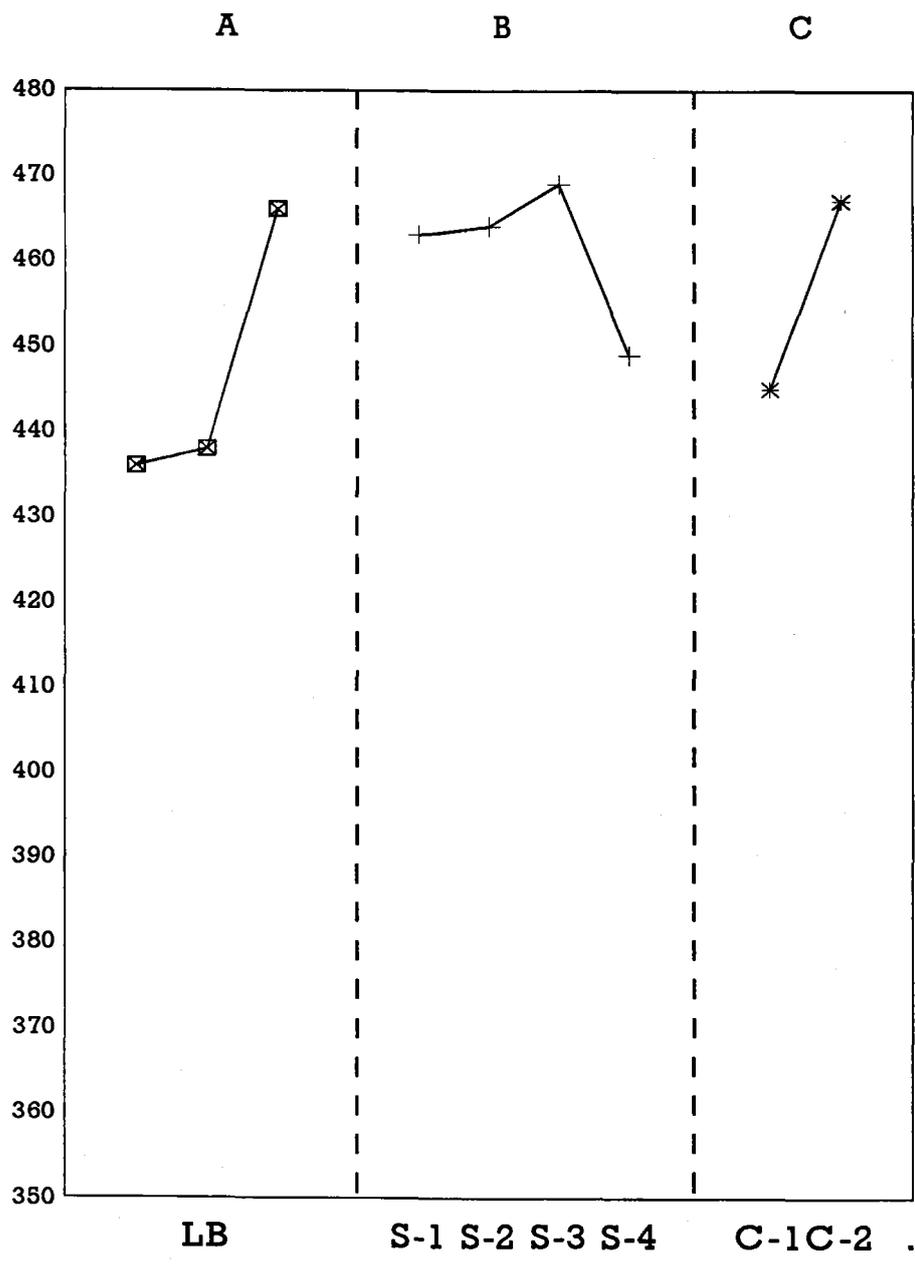


Figura 4.41: Evolución del tiempo de vuelo del Sujeto 9, por Sesiones.

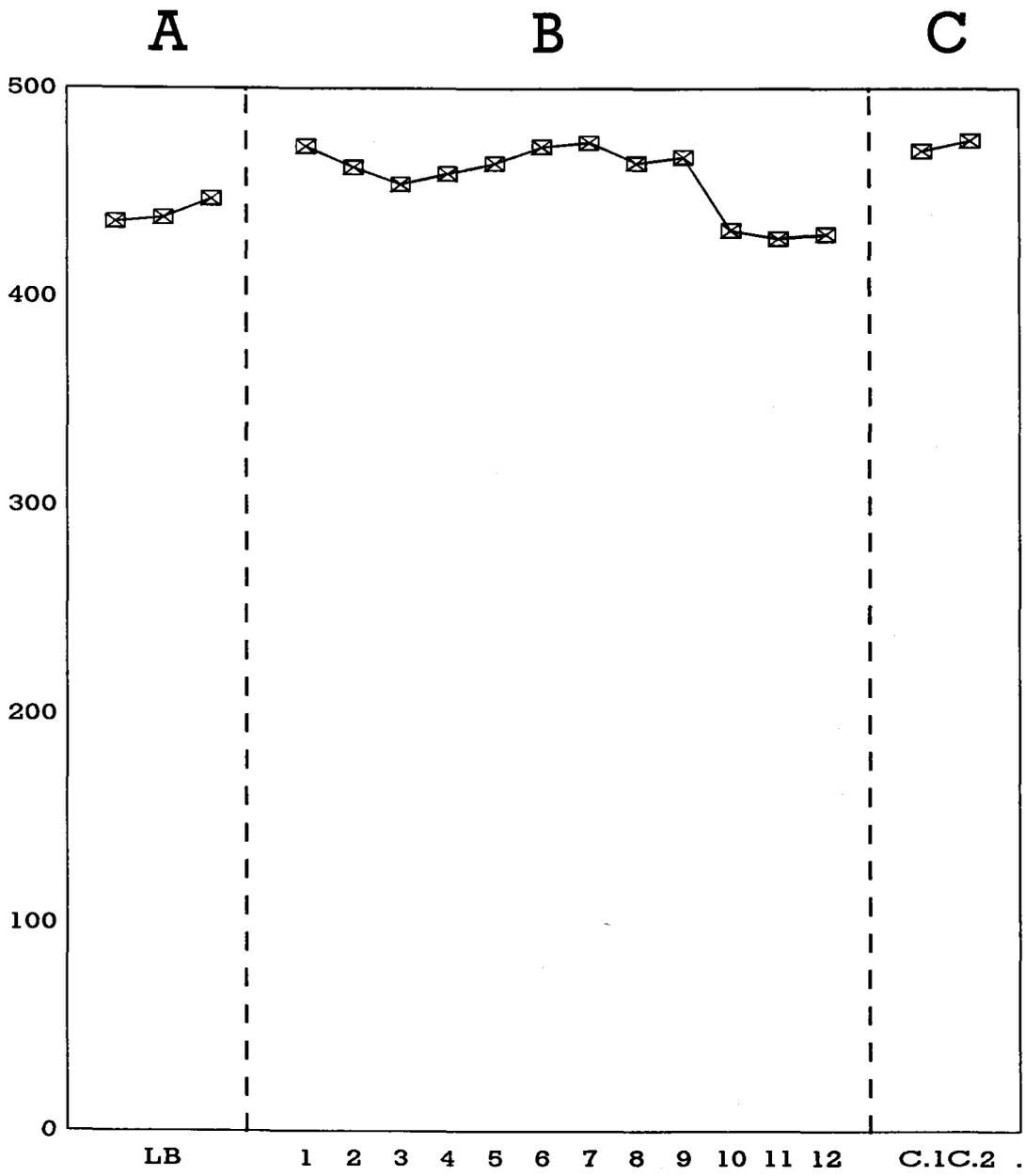


Figura 4.42: Evolución del tiempo de Vuelo en las tres fases del sujeto número 9.

TABLA 4.27

SUJETO 9º, ESTRATEGIA A + B + C

Datos de Tiempo de Impulso y Tiempo de Vuelo entre las Fases A, B y C

LBO		FB		ENTRENAMIENTO	
time	time	time	time	time	time
213	448	150	468	164	475

\* tiempo en milisegundos

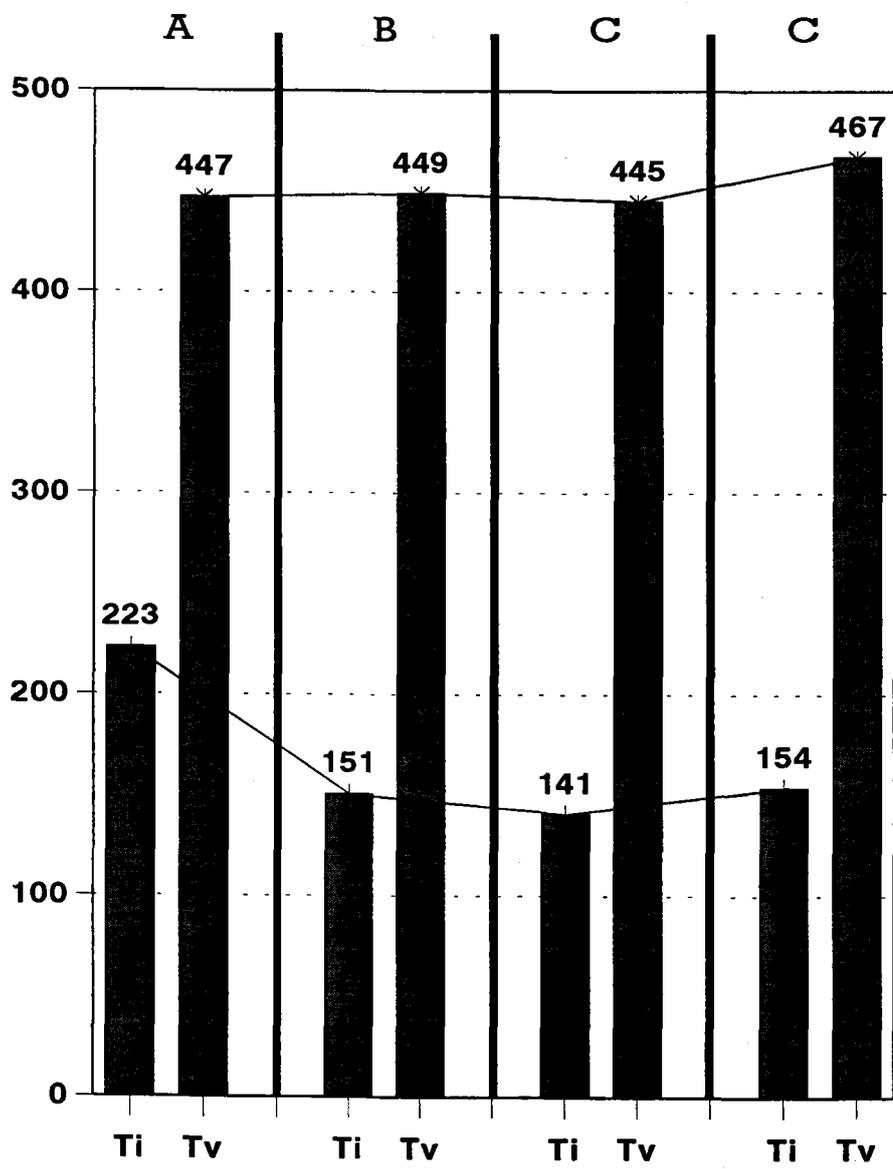


Figura 4.43: Comparación entre fases A, B y C.

El sujeto número nueve se diferencia de los anteriores en que realizó una estrategia A - B - C, recorriendo los dos entrenamientos, el de feedback y el de potencia, de forma que podríamos comparar los efectos de los dos tratamientos de forma combinada.

Observando la figura 4.39 y 4.40 que recoge la evolución del sujeto nueve, podemos apreciar que el tiempo de impulso muestra una tendencia clara a disminuir durante la fase B, de 184.5 a 150.2 milisegundos (Tabla 4.25), mientras que al abandonar el aprendizaje por feedback y pasar al entrenamiento de potencia de los extensores del pie, la tendencia se invierte, y después de la primera semana de entrenamiento que disminuye a 141 milisegundos, al final de la segunda pasa a ser de 154 milisegundos, por encima de la última sesión de feedback (150.2).

En cuanto al tiempo de vuelo, figura 4.40, muestra tendencia a incrementar en las tres primeras sesiones de feedback, coincidiendo con la disminución del tiempo de impulso, pero en la cuarta, coincidiendo con el último descenso del tiempo de impulso, él también disminuye, recuperándose en la fase C, logrando al final de la segunda semana de entrenamiento su máximo con 467 milisegundos.

La desviación típica entre las sesiones de feedback disminuye en la segunda sesión y se mantiene en esos valores las demás, mostrando que el aprendizaje estabilizó la variable dentro de la sesión.

Para comprobar la significatividad de las observaciones realizadas en las sesiones de feedback, las hemos contrastado con la técnica de *t de Student* para datos apareados, mostrando los resultados en la Tabla 4.26. Estos datos confirman lo observado en la figura 4.40, existe una diferencia significativa entre la primera sesión y la segunda con una  $t = 5.325$  ( $p < .001$ ) y entre las demás sesiones, segunda y tercera y tercera y cuarta la  $t$  no da valores significativos para  $p > .05$ , lo que hace pensar en una estabilidad de la variable.

La diferencia de medias entre la primera y la quinta sesión también muestra una  $t=5.546$  ( $p<.001$ ), que nos indica que las medias son significativamente diferentes.

Este sujeto nueve muestra una mejora del tiempo de impulso durante la fase B (feedback) que tiende a perderse en la fase C (potencia de los flexores del pie), indicando que para la disminución del tiempo de impulso es mejor el entrenamiento de feedback que el de potenciación de los músculos impulsores y que este aprendizaje se pierde con la aplicación del segundo tratamiento.

En cuanto al tiempo de vuelo, la tendencia es diferente, el aumento mayor se produce, como era de esperar con el entrenamiento de potencia, corriendo el peligro de disminuirlo cuando queremos disminuir demasiado el tiempo de impulso, lo que tendremos que tener en cuenta a la hora de entrenar.

# **SUJETO N° 10**

**SEXO: HOMBRE  
EDAD: 28 AÑOS  
PESO: 78 KILOGRAMOS  
ESTRATEGIA: A - C - B**

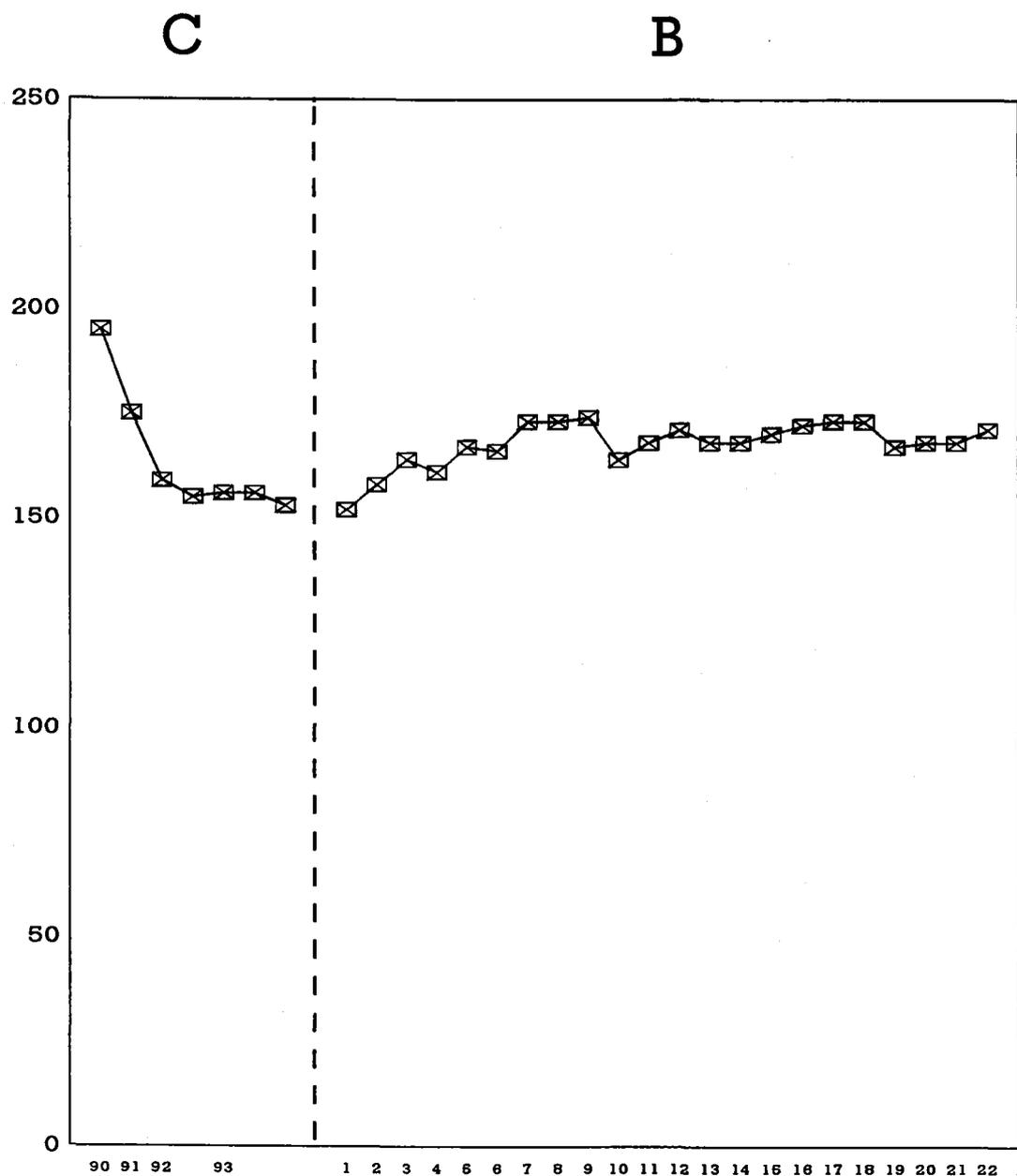


Figura 4.44: Evolución del tiempo de Impulso en las dos fases del sujeto número 10.

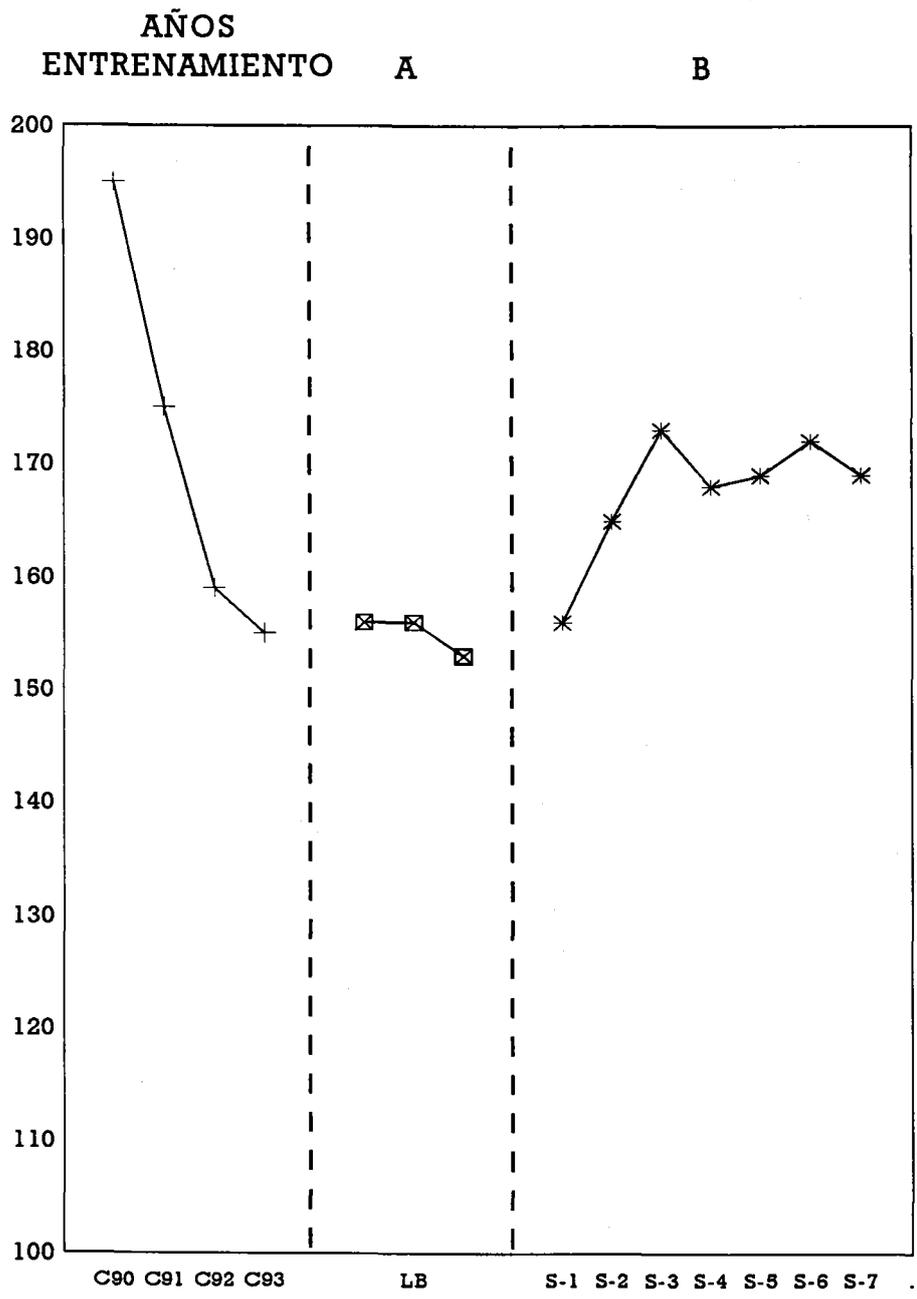


Figura 4.45: Evolución del tiempo de impulso del Sujeto 10.

TABLA 4.28

SUJETO 10°

Estadística Descriptiva del Tiempo de Impulso de las Sesiones de la Fase B.

SESION	N°SALTOS	MEDIA	D.S.
PRIMERA	30	156.20	12.36
SEGUNDA	30	164.63	6.10
TERCERA	30	173.13	6.00
CUARTA	30	167.20	5.16
QUINTA	30	168.83	6.46
SEXTA	30	172.17	6.84
SEPTIMA	30	169.17	6.56

\* Los datos se expresan en milisegundos.

TABLA 4.29

SUJETO 10°, ESTRATEGIA A + C + B

*t de Student* del Tiempo de Impulso entre las Sesiones de la Fase B.

SESIONES	1	2	3	4	5	6	7
PRIMERA		3.904**					5.081**
SEGUNDA			5.638**				
TERCERA				4.370**	4.136**		3.038**
CUARTA					1.202*		1.331*
QUINTA						2.027*	
SEXTA							1.873*
SEPTIMA							

\* P > .05

\*\* P < .001

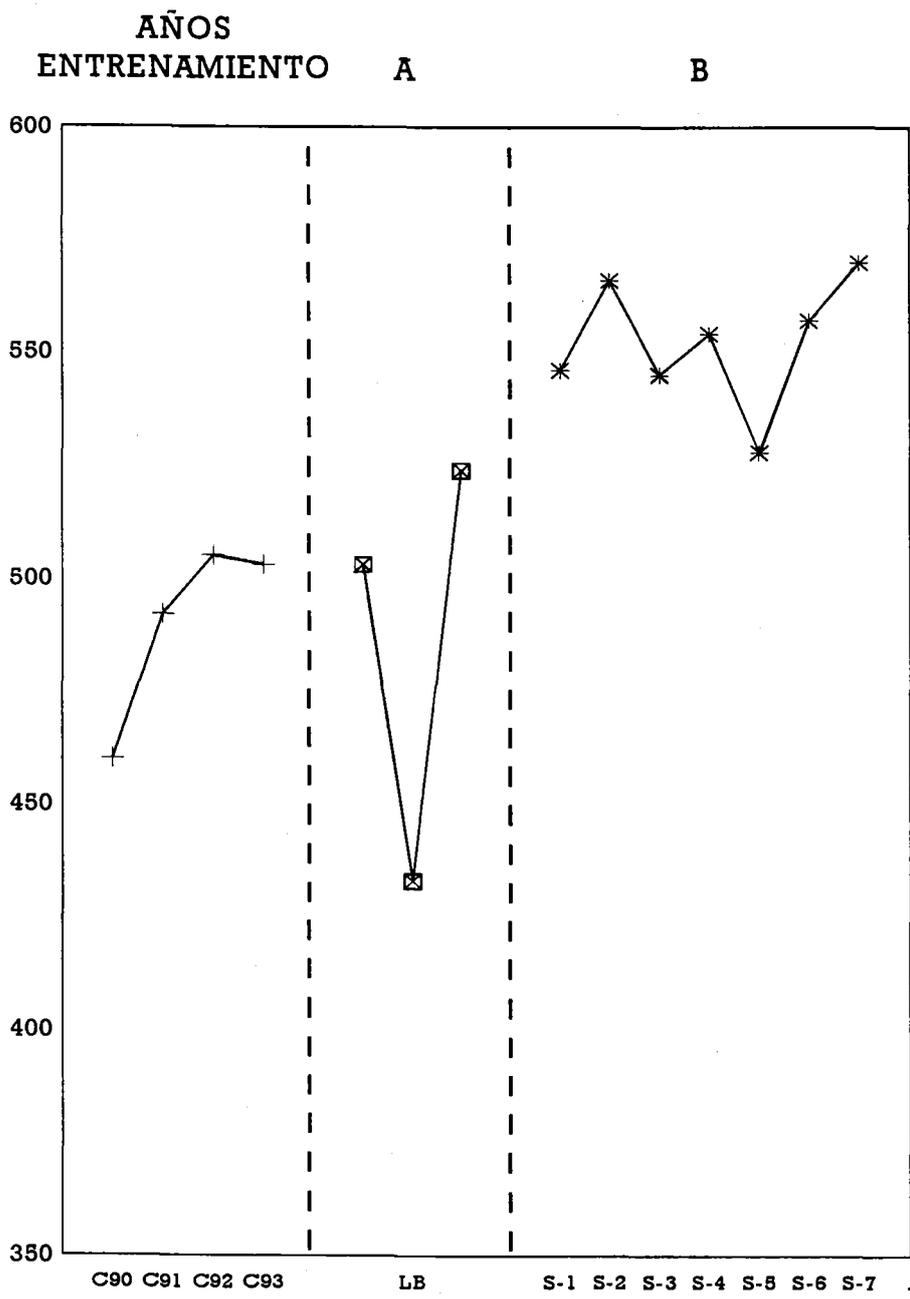


Figura 4.46: Evolución del tiempo de vuelo del Sujeto 10.

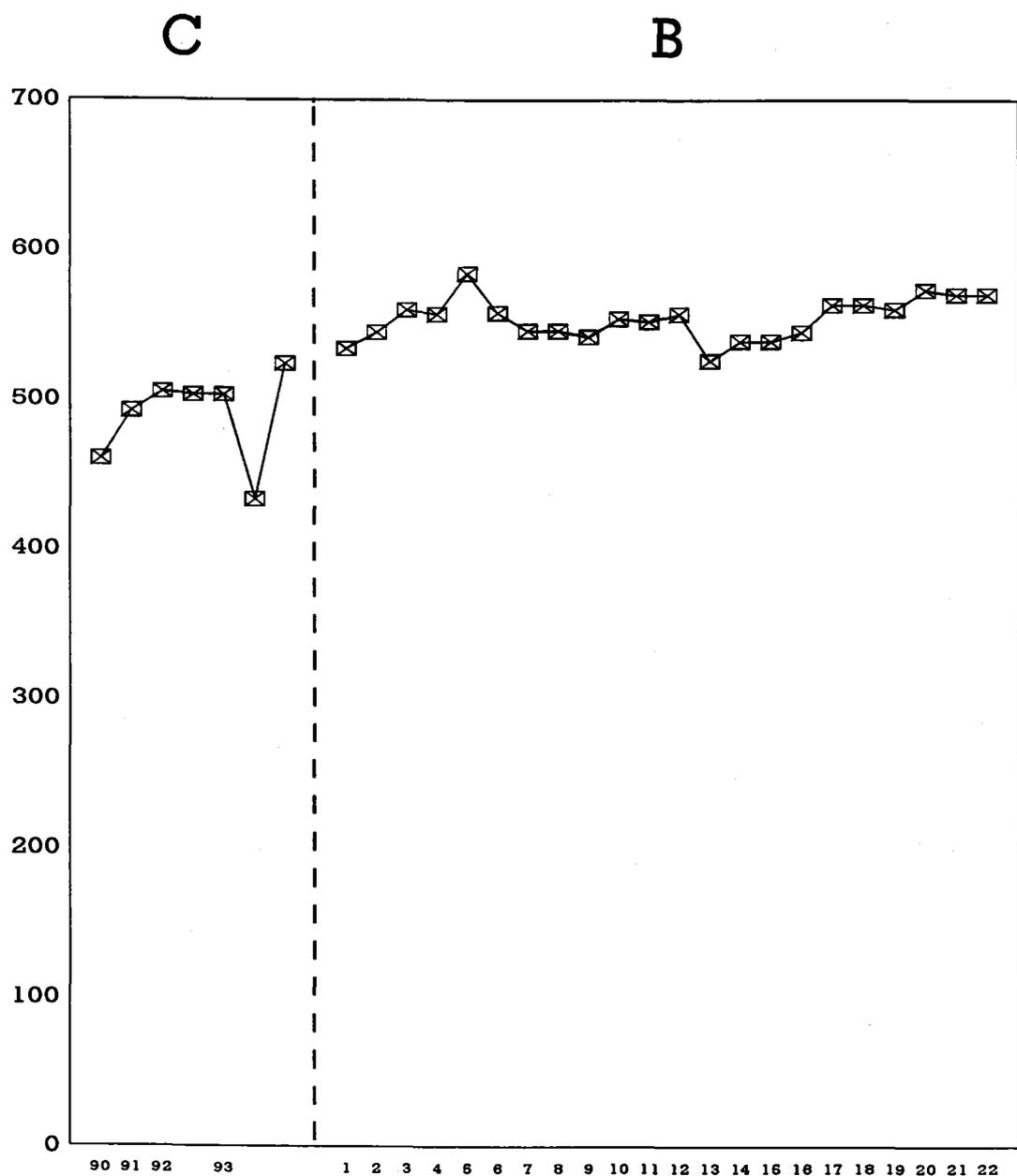


Figura 4.47: Evolución del tiempo de Vuelo en las dos fases del sujeto número 10.

TABLA 4.30

SUJETO 10°, ESTRATEGIA A + C + B

Datos de Tiempo de Impulso y Tiempo de Vuelo entre las Fases A, C y B

LB		ENTRENAMIENTO		FB	
time	time	time	time	time	time
195	460	155	503	169	570

\* tiempo en milisegundos

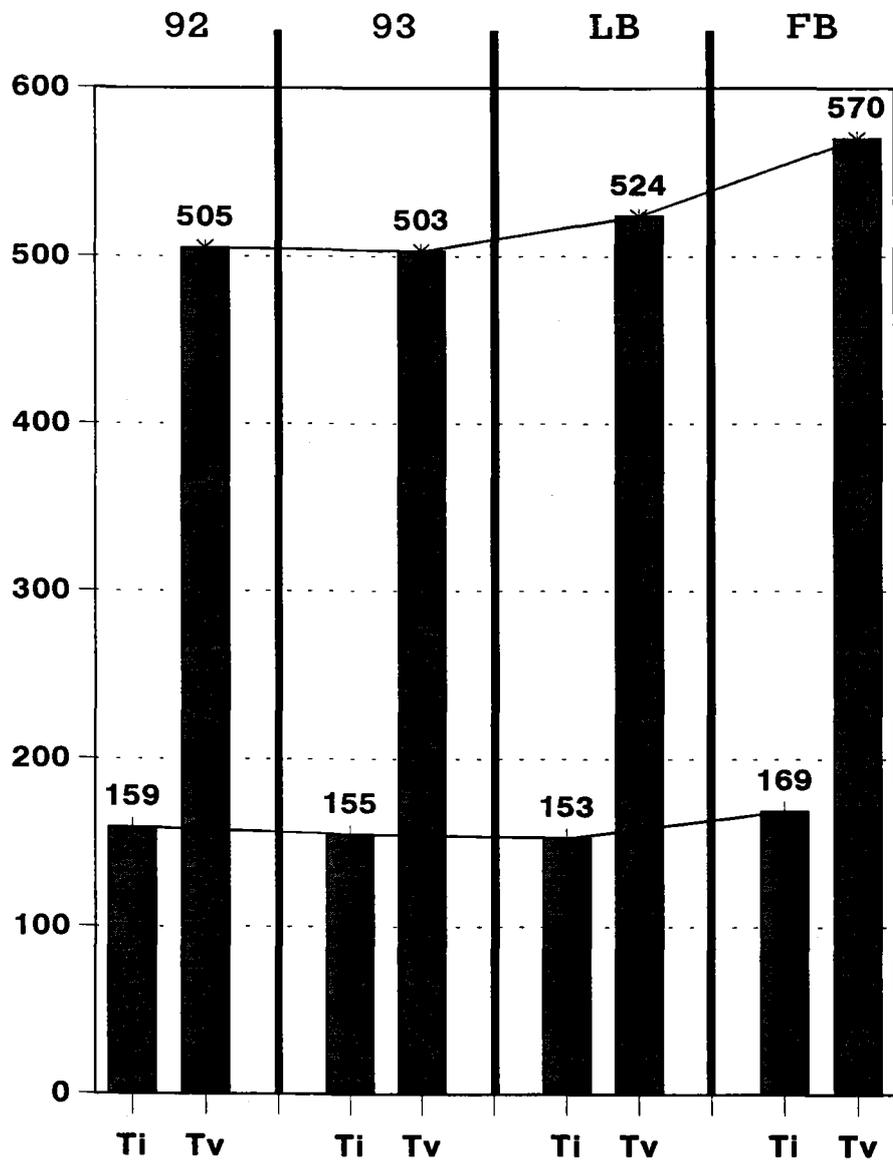


Figura 4.48: Comparación entre fases C, A y B.

El sujeto diez es un sujeto especial y por ello los datos tienen una lectura diferente a la de los sujetos estudiados anteriormente.

A lo largo de años de entrenamiento, prestando especial atención a la disminución del tiempo de impulso, el sujeto diez ha ido disminuyéndolo progresivamente de un año a otro, figura 4.44, 4.45 y 4.48, al mismo tiempo que iba incrementando su tiempo de vuelo, figura 4.40, por ello lo escogimos para ver la influencia de un entrenamiento de feedback aumentado, ya que queríamos saber como evolucionaba el tiempo de impulso, al aplicarle este tratamiento a un deportista que tenía entrenado y sentado el comportamiento motor.

El tiempo de impulso (figura 4.44) tiene una tendencia en la fase B a incrementar primero y luego se estabiliza a un nivel superior al que tenía antes de comenzar el tratamiento, confirmando los estudios de Magill (1993) o de Schmidt (1988).

También podemos apreciar que la desviación entre las sesiones muestra una tendencia a disminuir a valores muy bajos, la menor de todos los sujetos a los que se les aplicó el tratamiento, lo que parece indicar que el sujeto asienta mejor su aprendizaje y es capaz de repetir más veces el valor del tiempo de impulso en una sesión.

Para comprobar la significatividad del incremento del tiempo de impulso en las sesiones de feedback, aplicamos la técnica *t de Student* para medidas emparejadas, a las siete sesiones que realizó (Tabla 4.29), obteniéndose los valores siguientes, entre la primera y segunda,  $t= 3.904$  ( $p < .001$ ), la segunda y la tercera,  $t= 5.638$  ( $p < .001$ ), la tercera y la cuarta,  $t= 4.370$  ( $p < .001$ ), la cuarta y la quinta,  $t= 1.202$  ( $p > .05$ ), quinta y sexta,  $t= 2.027$  ( $p > .05$ ) y la sexta y la séptima,  $t= 1.873$  ( $p > .05$ ). Estas *t de Student's* para medidas emparejadas muestran diferencias significativas entre las medias de las cuatro primeras sesiones entre ellas, coincidiendo con el incremento más pronunciado del tiempo de impulso en la figura 4.45,

mientras que esta significatividad se pierde entre las sesiones cuarta a la séptima, coincidiendo con un aplanamiento de la curva, no obstante al comparar la primera y la séptima sesión con esta técnica, aparece una  $t = 5.081$  ( $p < -001$ ) que muestra que entre la primera y la última la diferencia de medias es significativa, confirmando que el tiempo de impulso ha ido incrementándose a lo largo de la fase B como muestra la figura 4.44, 4.48 y la tabla 4.28.

El tiempo de vuelo, al observar la figura 4.47, mantiene un comportamiento irregular, que parece tender a incrementar en las últimas sesiones de entrenamiento. Al compararlo con los valores anteriores, figura 4.48, vemos que tiende a incrementarse, mostrando un evolución contraria al tiempo de impulso.

#### 4.2.4.1.2. Análisis de las Series Temporales y el nivel de significación.

En las figuras 4.12, 4.16 y 4.20 y las tablas 4.6, 4.9 y 4.12 podemos observar que la evolución del tiempo de impulso para los sujetos que realizaron la estrategia A + B, tiene de forma general la tendencia a disminuir conforme los sujetos realizan las sesiones con feedback aumentado. Al mismo tiempo la desviación que muestran estas sesiones tiende a disminuir, hasta 6.25 puntos en el sujeto dos, de 13.62 en la primera sesión a 7.36 en la quinta.

También podemos observar que el tiempo de vuelo, la variable que teníamos que tratar de mantener constante al aplicar las sesiones de feedback o por lo menos que no disminuyera, tal como muestran las figuras 4.13, 4.17 y 4.21 muestra la inclinación a incrementar, menos en el sujeto dos, que disminuye suavemente.

Estas observaciones nos indican que de forma global el tratamiento B (feedback aumentado) produce una disminución del tiempo de impulso en los saltos y un incremento del tiempo de vuelo, lo que se traduce en un beneficio mecánico para los saltos al alcanzar mayor

altura (tiempo de vuelo) en menor tiempo, mejorando las acciones de voleibol como el remate o el bloqueo. Pero además, la disminución de la desviación indica una aplicación más continuada de saltos eficaces al tener menor variación de los parámetros de un salto a otro, lo que parece indicar que el jugador será más regular en sus acciones eficaces.

Podemos observar en las figuras 4.24, 4.27, 4.30, 4.33 y 4.36 y en las tablas 4.15, 4.17, 4.19, 4.21 y 4.23 que el tiempo de impulso para los sujetos que realizaron la estrategia A + C tiene una tendencia irregular, en los sujetos seis (figura 4.30) y ocho (figura 4.36) tiende a disminuir con una pendiente poco pronunciada, al ser controles semanales no podemos contrastar esta observación con la técnica *t de Student* ya que no tenemos medias. Los sujetos cuatro (figura 4.24) y siete (figura 4.33) sin embargo tienden a incrementarlo de control a control, por lo que no podemos decir que tenga una tendencia definida para todos los sujetos.

En cuanto al tiempo de vuelo, la tendencia es a aumentar en la mayoría de los sujetos, disminuyendo solamente en el sujeto sexto (figura 4.31).

Estas observaciones nos indican que en sujetos sin entrenamiento previo en la disminución del tiempo de impulso, el tratamiento C produce un efecto irregular en este parámetro que no lo hace aconsejable en principio, si lo comparamos con el tratamiento B, aplicado al mismo tipo de sujetos, sin embargo en el tiempo de vuelo, la tendencia es a incrementarse, al igual que en el tratamiento B.

Al combinar el efecto de los dos tratamientos de forma secuencial, como hicimos con el sujeto nueve, aparecieron los siguientes resultados para el tiempo de impulso (figura 4.40 y tabla 4.25) tienden a disminuir conforme el sujeto nueve va realizando las sesiones de aprendizaje con feedback aumentado, confirmando lo encontrado para los sujetos uno, dos y tres cuando realizaron el tratamiento B, en efecto el tiempo de impulso disminuye y se hace más regular

dentro de la sesión.

Estos buenos resultados del aprendizaje mediante feedback aumentado nos animaron a aplicar este tratamiento con un sujeto que tuviera una historia considerable en el entrenamiento de la variable estudiada para lo que escogimos al sujeto diez. Tal como se ve en la figura 4.39 y en la tabla 4.28, el tratamiento B, al dejar de realizar su entrenamiento habitual resulta negativo, ya que el tiempo de impulso aumenta de los 155 milisegundos que tenía en el último control (mayo de 1993) a 169 milisegundos después de siete sesiones de aprendizaje. Hay que destacar sin embargo, que la desviación de la variable dentro de las sesiones disminuyó significativamente de 12.36 para la primera sesión a 6.56 para la séptima sesión.

#### 4.2.5. Discusión

Después del análisis de los resultados del estudio número once, podemos concluir que el registro de la variables tiempo de impulso es posible y eficaz bajo un sistema automático y portable como el desarrollado por el grupo de investigación Análisis del Movimiento Humano y expuesto en el material del capítulo cuatro.

Con este sistema también es posible analizar el tiempo de vuelo y con ello la altura de los saltos, por lo que se puede emplear para el control de las capacidades de fuerza dinámica en jugadores de Voleibol, sustituyendo al sistema utilizado por nosotros en el capítulo dos con la Selección Española que participó en la Olimpiada de Barcelona, mejorando en facilidad de transporte, al necesitar menor número de periféricos para adquirir los registros y en rapidez de calculo, al aparecer de forma automática en pantalla los parámetros requeridos, tiempo de impulso, tiempo de vuelo, altura del salto y potencia del mismo.

En cuanto al tiempo de impulso, variable dependiente que observamos en el estudio once, detectamos un cambio claro en la línea base cuando aplicamos feedback aumentado (fase B de los tratamientos) en los sujetos uno, dos tres y nueve, que parece indicar que este tratamiento es eficaz para el aprendizaje del gesto, mejorando con ello la eficacia del salto vertical en sujetos que no han tenido un entrenamiento específico para este parámetro, por lo que sería deseable que los jugadores de Voleibol lo incluyeran en sus entrenamientos ya que como se desprende del estudio décimo, el entrenamiento habitual que realizan en la Etapa de Preparación General no es suficiente para disminuirlo.

También podemos deducir que este tratamiento es más regular en sus resultados que el empleado en la fase C, potenciación de los músculos extensores del pie, por lo menos en las primeras semanas de aplicación.

Sin embargo cuando el deportista al que le queremos aplicar el tratamiento de la fase B, ya ha realizado un entrenamiento específico para la disminución de este parámetro, caso del sujeto diez, con éxito, el feedback aumentado se muestra ineficaz, e incluso perturba el comportamiento motor, al dejar su entrenamiento habitual, coincidiendo con lo expresado por Magill (1993) en el sentido de que el feedback aumentado en sujetos con comportamientos motores automatizados, al ser sustituido por un feedback intrínseco no es necesario.

Por otro lado, al analizar la desviación de las sesiones del sujeto diez, nos llama la atención que después de unas sesiones de irregularidad, la desviación decrece notablemente, coincidiendo no lo sucedido en los otros sujetos a los que se les había aplicado este tratamiento, por lo que podemos suponer que en todos los casos el feedback aumentado ayuda a la automatización del gesto, haciéndolo más estable en sus parámetros.

En conclusión podemos decir que el feedback aumentado es eficaz en el aprendizaje de

destrezas complejas como el salto vertical, aunque no ayuda a la mejora de estos parámetros en sujetos que ya tienen el comportamiento motor automatizado, pero que en todos los casos ayuda a estabilizar su rendimiento.

## DISCUSIÓN GENERAL

## 5. DISCUSIÓN GENERAL.

De todos los datos que hemos expuesto se desprenden una serie de consecuencias diversas que debemos de ser capaces de trasladar al entrenamiento de los jugadores de élite en Voleibol, así como a otros deportes , que se sustenten en las mismas variables. En función de ellas vamos a exponer, de forma sistemática, los parámetros tratados de manera que en base a una integración de los conceptos y resultados establezcamos las conclusiones de mayor, relevancia.

### **5.1. Puesta en marcha de un Sistema Automático y Portable para el control de la Fuerza Dinámica.**

El primer aspecto destacable del trabajo es que pusimos a punto un Sistema automático y portable para el control de la fuerza dinámica, que habíamos desarrollado en el grupo de investigación Análisis de Movimiento Humano como un sistema de análisis temporal de la Respuesta de Reacción y de administración de información.

Esta adaptación nos permitió realizar los estudios diez y once con mayor celeridad y

comodidad y nos permitirá en el futuro trasladar de forma sencilla el material hasta el lugar donde se encuentran los deportistas o los equipos entrenando, para realizar los controles. Este Sistema, además nos permite acceder a la información de los parámetros más rápidamente, acelerando la toma de datos y disminuyendo así el tiempo de duración de las pruebas.

La eliminación de la tarjeta externa y el panel de conexiones como intermediarios en la adquisición de los registros, es el hecho más destacable de la portabilidad del sistema, junto al desarrollo del software de control necesario para recibir la señal utilizando el convertidor A/D del puerto paralelo del microordenador portátil.

Este Sistema, además de dar conocimiento de los resultados, nos permite aportar instrucciones previas a las acciones a realizar, información inicial, de forma gráfica y acumulada al sujeto. También permite almacenar los datos para su posterior estudio.

En el futuro, este sistema nos permitirá el control de cualquier equipo de forma integral, añadiéndole los periféricos adecuados a cada prueba.

## **5.2. Desarrollo de un Sistema de Entrenamiento Físico para los jugadores de élite en Voleibol.**

Basándonos en los estudios realizados en el Capítulo Segundo (estudios del uno al siete) y en los resultados obtenidos por la Selección Española en la Olimpiadas de Barcelona en 1992, podemos decir que desarrollamos un Sistema de Entrenamiento óptimo, que nos permitió lograr la mejor clasificación en un torneo de esa importancia.

El nivel que presentó la Selección, podemos decir que fue el fruto de ese Sistema de Entrenamiento, realizado en régimen de concentración durante quince meses, los siete últimos realizados en Granada. Según palabras del propio Seleccionador: *el aspecto físico*,

*soporte del nivel táctico, de la Selección se pudo ver que era de los mejores de los juegos.*

Como cada vez es más evidente que el atleta cuando entrena tiene que actuar siempre en su globalidad, no se deben de separar las áreas de estimulación en las cargas de entrenamiento, para no provocar que las adaptaciones se realicen por separado y de forma desequilibrada, con lo que los resultados finales serían inciertos y posiblemente con menor rendimiento.

Este Sistema está basado en dos puntos fundamentales:

1. La estructura se basa en el *Ciclo Complejo* de Matveev.
2. La aplicación de los medios de entrenamiento físico se organizan en forma de circuito.

Con este Sistema conseguimos que la Preparación Técnica, la Táctica y la Preparación Condicional de los jugadores, alcancen su máximo rendimiento al mismo tiempo, obteniendo los mejores resultados posibles.

La forma práctica de llevar a cabo este Sistema se baso en la evolución de las Capacidades de fuerza de los jugadores y en la combinación de medios de trabajo que conformaron la estructura.

#### 5.2.1. Evolución de las Capacidades de Fuerza.

El diagrama de fuerza velocidad describe la condición momentánea del sistema neuromuscular para la producción de fuerza a diferentes velocidades de contracción.

La aplicación de sobrecargas en el salto vertical para la estimación de la curva de fuerza velocidad ha venido a solucionar los problemas que se planteaban con los estudios directos. En esta curva la altura del centro de gravedad (HCg) se usa como estimación de la velocidad vertical y la carga externa.

Este método da resultados similares a medir la velocidad angular media de la rodilla y la fuerza de reacción de la rodilla y la fuerza de reacción concéntrica del suelo (Bosco y Komi, 1978).

En cuanto a las capacidades de fuerza, podemos decir que la fuerza máxima dinámica, que en el período de Preparación General no correlacionaba con ninguna otra manifestación, gracias a los medios empleados para ello en la Preparación Especial, correlacionó con la fuerza elástica y la capacidad de coordinación. Dado que el aprovechamiento del ciclo estiramiento-acortamiento es uno de los mecanismos que más ayuda a la altura del salto, este será uno de los objetivos a introducir en el Sistema.

De los resultados expuestos se pone de manifiesto que todas las manifestaciones intervienen en la altura del salto, ya que en los dos test que realizamos participan de forma positiva, indicando que a lo largo de toda la preparación se deben mantener los trabajos concéntricos y elásticos, ya que al mejorar la fuerza explosiva y la fuerza elástica estamos incidiendo en la altura que podemos conseguir en el salto de remate o de bloqueo.

La falta de uniformidad en la mejora de las manifestaciones de fuerza en los dos períodos demuestra que no se le debe dar la misma importancia a todas las manifestaciones de fuerza en los ciclos, se le debe dar una mayor preponderancia a la fuerza máxima dinámica y a la fuerza explosiva en la Etapa General Básica y a la capacidad elástica en la Etapa Especial.

El índice de fuerza velocidad se debe mantener en niveles *buenos* (para Bosco entre 30 y 40) a lo largo de todo el período, ya que nos indica la relación entre las dos manifestaciones de la fuerza activa, como indica Verhoshanskij (1990) para los movimientos explosivo-reactivo-balísticos.

El gran incremento del Componente Elástico concuerda con Bosco (1985) y Komi

(1987) que sugirieron que para incrementar la eficacia del salto hay que mejorar el rendimiento elástico ya que el componente contráctil del músculo encuentra limitaciones después de un tiempo de trabajo.

### 5.2.2. Análisis de los Medios empleados en la Preparación.

La carga del Período Preparatorio, siguiendo el Principio de Incremento Paulatino del Esfuerzo, va creciendo desde el inicio al final, de forma que mantenemos el estímulo contante (Principio de Intensidad Óptima del Estímulo). Este incremento del volumen se hace de forma que el volumen general que se incrementa en el Período General Básico, va disminuyendo a partir de ahí para dar paso al trabajo específico, consiguiendo de esta forma la entrada en forma.

En la Preparación General se demostró un gran equilibrio entre la dinámica de las cargas para todo el cuerpo de los jugadores. Los ejercicios que alcanzaron correlaciones significativas fueron los multifacéticos o generales, no siendo significativa los específicos debido a las características de la Etapa que analizamos.

Dentro de esta Etapa de Preparación destacaron ejercicios como la sentadilla y los saltos dentro del total de piernas, la combinada y el arranque en el total de Brazos y Tronco (ver figura 2.4, 2.16 y la tabla 2.1).

Al analizar la carga de la Etapa de Preparación Especial, vemos que disminuye su volumen total, como es lógico, y sobre todo cambia el volumen general por un gran incremento de los ejercicios que aportan la carga especial, con especial atención al total de piernas, alcanzando el 47% de la carga del Macro ciclo (figura 2.4), lo que nos indica la especificidad del trabajo de piernas para el incremento de la saltabilidad, destacando la fuerte correlación que existe entre todos los ejercicios que la componen (Tabla 2.7).

Dentro del trabajo de piernas destacaremos la Sentadilla y el total de saltos, que correlacionan con los indicadores de la fuerza, mientras que el ejercicio de cuádriceps, no logra correlacionar.

También debemos destacar que en esta etapa incluimos saltos con diferentes angulaciones, aunque es la de 90° la única que correlaciona, siendo similar a la que utilizan los jugadores en su salto de remate.

En esta fase tiene una especial mención los medios de velocidad especial que obtiene una fuerte correlación (.999) con cada uno de los test que representan las manifestaciones de fuerza dinámica, lo que da muestra de su importancia en el resultado.

De los ejercicios de Brazos-Tronco, solamente mantiene correlación el arranque.

Estos medios unidos a la participación en competiciones de preparación, dio a la Selección su buen estado de forma con que afrontó la Olimpiada.

También analizamos la influencia de la angulación musculo pierna en el salto vertical, constatando la importancia que tiene, pues como concluimos en el estudio tercero (tabla 2.5) obtubimos una difrencia significativa en el ANOVA para medidas repetidas entre las tres angulaciones que analizamos, confirmando que la angulación con la que se inicia el salto determina la aplicación de fuerza que se puede generar.

Esta conclusión unidas a las otras del estudio tercero las aplicamos al entrenamiento de la Selección y así a partir de la etapa de preparación Especial incluimos saltos con diferentes angulaciones. En este período utilizamos saltos en las tres angulaciones estudiadas 60, 90 y 120°, además de ser las angulaciones utilizadas por nuestros jugadores para el salto de remate estaban entre 90 y 120 ° como se desprende del estudio realizado por Gutiérrez y col. (1993). Durante la Preparación Específica utilizamos sobre todo la angulación de 90°, distruibuida de la siguiente forma, 76% y durante la fase de Precompetición un 24%.

### **5.3. Análisis del Tiempo de Impulso.**

#### 5.3.1. El Tiempo de Impulso y su influencia en el Salto Vertical.

Los resultados del estudio ocho muestran que no existe dependencia entre el tiempo de impulso y el tiempo de vuelo y en base al coeficiente de determinación (D, ecuación 7) solamente el 1.44% de la dependencia se puede atribuir a la influencia que tiene el tiempo de impulso en el tiempo de vuelo.

Como consecuencia de las conclusiones del estudio noveno, se pone de manifiesto que cuando se realiza una precontracción, antes del contacto con el suelo en la realización de un Drop Jump, existe una disminución en el tiempo de aplicación de fuerza, en base a al tiempo que tarda la musculatura en alcanzar la máxima actividad eléctrica y trae como consecuencia una disminución del tiempo de impulso que no afecta al tiempo de vuelo.

La precontracción provoca en la musculatura implicada en el salto vertical una activación previa, que produce un incremento en la actividad eléctrica instantes antes de tomar contacto con el suelo. Este incremento previo hace que el tiempo en alcanzar su máxima actividad sea menor, ya que los valores máximos no se modifican. Se puede decir que el tiempo de aplicación de fuerzas está íntimamente ligado con la preactivación muscular que se realiza como consecuencia de realizar la precontracción de los flexores plantares del pie justo antes del momento de tomar contacto con el suelo en el momento de la batida, este resultado está de acuerdo con Tancic (1988).

### 5.3.2. El Entrenamiento del tiempo de Impulso.

De los resultados obtenidos en el estudio diez se pone de manifiesto que con el entrenamiento que realiza un equipo en la Etapa de Preparación no disminuye el tiempo de impulso, por lo que si queremos obtener las ventajas de esta reducción tendremos que suplementar el trabajo en el sentido de las conclusiones obtenidas en el estudio noveno.

En cuanto al tiempo de impulso, variable dependiente que observamos en el estudio once, detectamos un cambio claro en la línea base cuando aplicamos feedback aumentado (fase B de los tratamientos) a los sujetos, que parece indicar que este tratamiento es eficaz para el aprendizaje del gesto, mejorando con ello la eficacia del salto vertical en sujetos que no han tenido un entrenamiento específico para este parámetro, por lo que sería deseable que los jugadores de Voleibol lo incluyeran en sus entrenamientos ya que como se desprende del estudio décimo, el entrenamiento habitual que realizan en la Etapa de Preparación General no es suficiente para disminuirlo.

También podemos deducir que este tratamiento es más regular en sus resultados que el empleado en la fase C, potenciación de los músculos extensores del pie, por lo menos en las primeras semanas de aplicación.

Sin embargo cuando el deportista al que le queremos aplicar el tratamiento de la fase B, ya ha realizado un entrenamiento específico para la disminución de este parámetro, caso del sujeto diez, con éxito, el feedback aumentado se muestra ineficaz, e incluso perturba el comportamiento motor, al dejar su entrenamiento habitual, coincidiendo con lo expresado por Magill (1993) en el sentido de que el feedback aumentado en sujetos con comportamientos motores automatizados, al ser sustituido por un feedback intrínseco no es necesario.

Por otro lado, al analizar la desviación de las sesiones del sujeto diez, nos llama la atención que después de unas sesiones de irregularidad, la desviación decrece notablemente,

coincidiendo con lo sucedido en los otros sujetos a los que se les había aplicado este tratamiento, por lo que podemos suponer que en todos los casos el feedback aumentado ayuda a la automatización del gesto, haciéndolo más estable en sus parámetros.

En conclusión podemos decir que el feedback aumentado es eficaz en el aprendizaje de destrezas complejas como el salto vertical, aunque no ayuda a la mejora de estos parámetros en sujetos que ya tienen el comportamiento motor automatizado, pero que en todos los casos ayuda a estabilizar su rendimiento.

## 6. CONCLUSIONES

Las aportaciones más relevantes del trabajo realizado se podrían resumir esquemáticamente en las siguientes conclusiones:

1. Se comprobó que el Sistema instrumental automático y portable desarrollado por el Grupo Análisis del Movimiento Humano es eficaz para el análisis de la respuesta de reacción y a través de ella de los diferentes tipos de fuerza dinámica, lo que lo hace válido para el control de las capacidades de fuerza de los deportistas y un medio para dirigir su entrenamiento.

2. La Estructura Compleja de planificación se sigue manteniendo como una estructura eficaz en la preparación de los jugadores de élite.

3. También permanece vigente el Principio de Unidad indisoluble entre la Preparación Condicional Básico y la Preparación Específica para deportistas de alta competición.

4. Que la Sentadilla o Squat es un ejercicio insustituible en la preparación de los jugadores de Voleibol, por encima de los otros ejercicios de musculación de piernas.

5. Que dentro del trabajo de piernas se deben incluir los saltos desde diferentes angulaciones, siendo predominante el volumen que realicemos con la angulación de competición.

6. Que las capacidades de fuerza deben de evolucionar a lo largo de la temporada desde el predominio de las manifestaciones de fuerza activa en la Preparación General, al predominio de la capacidad elástica en la Preparación Especial, siendo un síntoma de entrada en estado de forma el incremento de la aportación elástica.

7. Que la angulación mínima entre el muslo y la pierna en la batida, es determinante de la altura que se puede conseguir en el salto vertical.

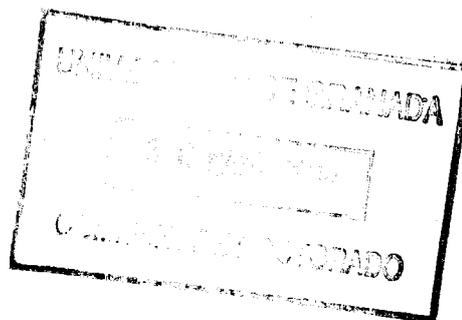
8. No existe dependencia entre el tiempo de impulso en la batida y la altura que se consigue en el salto posterior.

9. Que la preactivación de los músculos flexores plantares del pie es eficaz para disminuir el tiempo de impulso sin afectar la altura que se consigue, ya que acorta el tiempo que tarda en conseguir el músculo la máxima activación.

10. Que el feedback aumentado es un medio eficaz de aprender a realizar la disminución del tiempo de impulso, incluso más que la potenciación de los músculos implicados.

11. Que el feedback aumentado disminuye la desviación en el tiempo de impulso que se produce en los bloques de ensayos de salto vertical.

12. Se confirma que en deportistas que ya han realizado un entrenamiento eficaz de disminución del tiempo de impulso, el feedback aumentado no es eficaz, e incluso perturba el comportamiento motor al dejar su entrenamiento habitual.





## BIBLIOGRAFIA

## REFERENCIAS

- Adams, J.A. (1971). A close-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 105-150.
- Alvarez, C. (1985). *La preparación física del fútbol basada en el atletismo*. Madrid: Gymnos.
- Asmussen, E. y Bonde-Paterson, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Fisiología Scandinava*, 91, 385-392.
- Barlow, D. y Hersen, M. (1988). *Diseños experimentales de caso único*. Barcelona: Martínez Roca.
- Berger, J. y Minow, H.J. (1992). El ciclo plurianual en la metodología del entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 4, 25-32.
- Bilodeau, E.A. y Bilodeau, I.M. (1958). Variable Frequency of Knowledge of results and the learning of a simple skill. *Journal of Experimental Psychology*, 55, 379-383.
- Bosco, C. (1982). Consideraciones fisiológicas sobre la fuerza, la potencia de explosión y los ejercicios de saltos. *Eurovolley*, 2, 31-33.
- Bosco, C. (1982). Consideraciones fisiológicas sobre la fuerza, la potencia de explosión y los ejercicios de saltos. *Eurovolley*, 3, 38-39.
- Bosco, C. (1983). Consideraciones fisiológicas sobre la fuerza, la potencia de explosión y los ejercicios de saltos. *Eurovolley*, 1, 29-31.

- Bosco, C. (1985). *Elasticidad muscular e fuerza explosiva nelle sttività fisico-sportive*. Roma: Societa Stampa Sportiva.
- Bosco, C. (1988). *Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista*. Barcelona: Paidotribo.
- Bosco, C. (1990). *La preparación física en el voleibol y el desarrollo en los deportes de carácter explosivo balístico*. Buenos Aires: Sociedad de Prensa Deportiva.
- Bosco, C. (1991). *Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista*. Barcelona: Paidotribo.
- Cavagna, G.A y Cotterio, G. (1974). Effect of stretching on elastic characteristics and the contractile component of prof striated muscle. *Journal Physiology*, 239, 1-14.
- Cavagna, G.A., Dusman, B. y Margaria, R. (1968). Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal Applied Physiology*, 24, 21-23.
- Cavagna, G.A., Komarek, L., Citterio, G. y Margaria, R. (1971). Power output of the previously stretched muscle. *Medicine and Sport*, 6, 159-167.
- Cometti, G. (1988). *La Pliometrie*. Simposio sobre Fuerza, Dijon, febrero. Publicado como *La Pliometrie*. Dijon: UFR Staps Dijon. Universite de Bourgogne.
- Cooper y Glassow (1973). *Kinesiología*. Buenos Aires: Panamericana.
- De Vries, H.A. (1980). Physiology of exercises for physical education and athletics dubuque. *Wm C. Brown Company publishers*, 448-459.
- Donskoi, D. (1988). *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Moscú: Raduga.
- Evarts, E. (1984). *El Cerebro*. Moscú: Mir.
- Fenn, W.O. y Marsh, B.S. (1935). Muscular Forces at different speed of shortening. *Journal Physiology London*, 85, 227-297.
- Fomin, E. (1979). El salto junto a la red. *Sportinye Igrey*, 5, 184-187.

- Fox, E.L. (1984). *Fisiología del Ejercicio*. Buenos Aires: Panamericana.
- Gutiérrez, M. (1988). *Estructura biomecánica de la motricidad*. Granada: CD. INEF.
- Gutiérrez, M., Soto, V. y Santos, J.A. (1993). *Análisis biomecánico del remate de voleibol*. Madrid: Federación Española de Voleibol.
- Hakkinen, K. (1990). *Adaptaciones neuromusculares aplicadas al entrenamiento de fuerza*. Congreso Internacional de biomédica aplicada al deporte. Madrid, junio.
- Hegedüs, J. (1986). *Ciencia del Entrenamiento Deportivo*. Buenos Aires: Stadium.
- Henriksson, V. (1922). Metabolismo de la contracción muscular. *Endurance in Sport, Sheppard y Astrand, I.O.C.*
- Hill, A.V. (1922). The maximum work and mechanical efficiency of human muscles and their most economical speed. *Journal of Physiology*, 56, 19-41.
- Hill, A.V. (1949). The abrupt transition from rest to activity in muscle. *Proceeding Roy Society London*, 126, 339-419.
- Hill, A.V. (1959). The series elastic component of muscle. *Proceeding Roy Society London*, 137, 273-280.
- Hill, A.V. (1961) The heat produced by a muscle after the last shock of a tetanus. *Journal Physiology London*, 159, 518-545.
- Ho, L. y Shea, J.B. (1978). Effects of relative frequency of knowledge of results on retention of motor skill. *Preceptual and Motor Skills*, 46, 859-866.
- Hochmuth, G. (1973). *Biomecánica de los movimientos deportivos*. Madrid: Doncel.
- Huxley A.F. (1957). Muscle structure and theories of contraction. *Prog. Biophys. Chem*, 7, 255-318.
- Huxley, A.F. y Simmons, R.M. (1971). Mechanical properties of the cross-bridges of frog striated muscle. *Journal Physiology London*, 218, 59-60.

- Ivoilov, A. (1986). *Voleibol*. Buenos Aires: Stadium.
- Komi, P. (1984). Correlaciones fisiológicas y biomecánicas de la función muscular: Efectos de la estructura muscular y del ciclo estiramiento-acortamiento sobre la fuerza y la velocidad. *Exercise and Sport Sciences*, 12, 81-121.
- Komi, P.V. y Bosco C. (1978). Utilization of stored elastic energy in led extensor muscles by man and women. *Medicine Science Sport Exercise*, 10, 4, 261-265.
- Magill, R.A. (1986). *Tendencias actuales de la investigación del aprendizaje motor*. Actas I Congreso Nacional de psicología del Deporte. Barcelona, 63-77.
- Magill, R.A. (1993). *El feedback incrementado no siempre beneficia el aprendizaje de destrezas motrices*. Congreso Mundial de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Granada, noviembre.
- Martín, N. (1990). *Incidencia de la retroinformación (FB) temporal sobre los parámetros de la respuesta de reacción en un salto vertical bajo un sistema automático de control*. Universidad de Granada (Tesis).
- Martín, R. (1987). La fuerza Relativa. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 4 y 5, 70-79.
- Matveev, L. (1983). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Moscú: Raduga.
- Matveev, L. (1991). El entrenamiento y su organización. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 1, 17-23.
- Oña, A. (1989). *Efectos de las estrategias atencionales, la complejidad del gesto y la práctica en la eficacia motora bajo un sistema automático de análisis temporal*. Universidad de Granada (Tesis).
- Oña, A., Martínez, M., Cárdenas, D y Gutiérrez, M. (en prensa). *Comportamiento motor. Bases psicológicas del movimiento humano*. Granada: Universidad de Granada.

- Padial, P. (1991). *Influencia de la angulación muslo pierna en la capacidad de impulsión del Seoi-Nage*. Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico (paper).
- Padial, P. (1993). El sistema deportista y sus capacidades físicas. *Stadium*, 27, 159, 13-16.
- Perez, J., Alonso, J. y Samuels, O. (1990). Estudio de la saltabilidad en voleibolistas cubanos de alto rendimiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 5, 14-18.
- Perrine, J.J. y Edgerton, V.R. (1978). Muscle force-velocity and power-velocity relationship under loading. *Medicine Science and Sport*, 10, 156-159.
- Platonov, N. (1991). *La adaptación en el deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Platonov, V. (1988). *Entrenamiento Deportivo. Teoría y metodología*. Barcelona. Paidotribo.
- Platonov, V. y Bulatova, M. (1993). *La preparación física*. Barcelona: Paidotribo.
- Puga, M. (1969). *El aprendizaje: transferencia e interferencia*. Madrid: Escuela Española.
- Ramella, J.R. y Wiegand, R.L. (1983). Importance of the postknowledge delay interval on transit reaction. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 303-307.
- Salmoni, A.W, Schmidt, R.A. y Walter, C.B. (1984). Knowledge of results and motor learning. *Psychological Bulletin*, 95, 355-386.
- Schendel, J.D. y Newell, K.M. (1976). On processing the information from knowledge of results. *Journal of Motor Behavior*, 8, 251-255.
- Schmidt, R. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 229-260.
- Schmidt, R. (1988). *Motor Control and Learning*. Illinois: Human Kinetics.

- Schmidtbleicher, D. (1988). *Resultados y métodos de investigación del entrenamiento de fuerza rápida*. Actas del Simposio de Fuerza Rápida. Málaga, Estepona, abril, (paper).
- Shiene, L.C. y Bower, S.M. (1971). A one-way analysis of variance for single-subject designs. *Educational and Psychological Measurements*, 31, 105-113.
- Tancic, D. (1988). *Metodología de los ejercicios de fuerza rápida*. Simposio Fuerza Rápida. Málaga, Estepona, abril, (paper).
- Tihanyi, J. (1988) *Fundamentos del entrenamiento de fuerza rápida*. Actas del Simposio de Fuerza Rápida. Málaga, Estepona, abril, (paper).
- Tschiene, P. (1989). Por una teoría distinta del entrenamiento. *Stadium*, 138, 38-43.
- Verhoshanskij, I. (1990). *Entrenamiento Deportivo. Planificación y Programación*. Barcelona: Martínez Roca.
- Viitasalo, J.T. (1991). Valoración de las características de la actuación física en Voleibol. *Volley-tech*, 3, 4-8.
- Vila, J. (1983). *Sistemas Psicofisiológicos de respuesta humana*. Madrid, A. Puerto (UNED).
- Vittori, C. (1988) *Métodos y medios de desarrollo de la fuerza rápida en el entrenamiento de Velocidad*. Actas del Simposio de Fuerza Rápida. Málaga, Estepona, abril, (paper).
- Vittori, C. (1990). El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 4, 3, 2-8.
- Vorobiev, A. (1974) *Halterofilia. Ensayo sobre fisiología y entrenamiento deportivo*. México: Federación Mexicana de Halterofilia.
- Wazny, S. (1974). Principios generales del entrenamiento de fuerza. *Sport Wyczynowy*, 12,2, 20-33.
- Wazny, S. (1977). Las cadenas biocinéticas del cuerpo humano. *Atlética Leggera*, 211, 1-4.
- Weinek, J. (1988) *Entrenamiento óptimo*. Barcelona. Hispano Europea.

- Wolf, M.D. (1982). El músculo. Estructura, funcionamiento y control. *G.P.T. O/S Gimansios*, 3, 21-27.
- Zanon, S. (1977). Las cadenas biocinéticas del cuerpo humano. *Atletica Leggera*, 211, 1-5.
- Zatciorskij, V. (1974). *La qualità fisiche dello sportivo*. Milano: Atletica Leggera.



**ANEXO A**  
**PLANILLAS DE TOMAS DE DATOS**

**TABLA A1**  
Planillas de Control de la Fuerza Dinámica

JUGADOR:		PC:	kg.
ESPECIALIDAD:		FECHA:	
<b>TEST DE FUERZA EXPLOSIVA</b>			
	SALTO 1	SALTO 2	MEJOR SALTO
SJ			
CMJ			
DROP JUMP			
ABALAKOV			
<b>CURVA DE FUERZA VELOCIDAD</b>			
	SJ	CMJ	CMJ - SJ
25%			
50%			
75%			
100%			

**TABLA A2**  
Planilla de toma de datos para el estudio 8

CLAVE SUJETO	Timp.	Tv	H	POTENCIA



## TABLA A4

### Planillas de Toma de Datos Estudio 9 SIN PRETENSION

NOMBRE:

EDAD:

DEPORTE/ESPECIALIDAD:

FECHA:

SIN PRETENSION / CON PRETENSION

ENSAYO N°	TOMA CONTACTO	MAXIMO	PERDIDA CONTACTO	T. imp.
TIMEPO				
EMG GEMELO				
EMG CUADRICEPS				

T.V. =

ENSAYO N°	TOMA CONTACTO	MAXIMO	PERDIDA CONTACTO	T. imp.
TIMEPO				
EMG GEMELO				
EMG CUADRICEPS				

T.V. = -- # RT(tiempo en alcanzar el máximo)

\* RREA (índice de máxima actividad eléctrica)

**TABLA A5**  
**Hoja de registro de las sesiones de Feedback**

FECHA:		SUJETO:		
BLOQUE DE ENSAYOS N°:				
N°	T imp	Tv	ALTURA	POTENCIA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
MEDIA				
DS				



## **ANEXO B**

### **INSTRUCCIONES PARA LA EJECUCIÓN DE LOS SALTOS**

## TABLA B1

### Instrucciones para el salto con Pretensión.

---

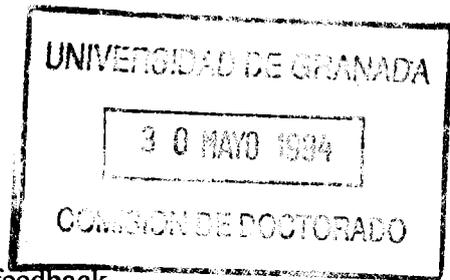
---

\* Vas a realizar unos saltos igual que los anteriores con una única diferencia, tienes que disminuir el tiempo de impulso manteniendo o incrementando la altura del salto.

\* Para disminuir el tiempo de impulso y mantener la altura del salto tienes que realizar una acción activa de los extensores del pie antes de tomar contacto con el suelo, para ello debes de tratar de golpear el suelo con la parte anterior de la planta.

---

---



## TABLA B2

Instrucciones para realizar los saltos con feedback.

---

---

- \* El gesto a realizar es un Drop Jump.
  - \* Vamos a realizar una sesión de treinta saltos repartidos en bloques de diez.
  - \* Para realizar el salto te vas a colocar a cuarenta centímetros de la alfombrilla, con las manos fijas en las caderas.
  - \* Te vamos a medir la potencia de tu salto, que es la relación que existe entre el tiempo de vuelo y el tiempo de impulso.
  - \* Para que el salto tenga la mayor potencia posible tienes que tratar de disminuir el tiempo de impulso e incrementar la altura del salto.
  - \* Para disminuir el tiempo de impulso e incrementar la altura del salto tienes que realizar una acción activa de los extensores del pie antes de tomar contacto con el suelo, para ello debes de tratar de golpear el suelo con la parte anterior de la planta.
  - \* Cuando te indiquemos preparado, deberás concentrarte en el salto siguiente, tratando de mejorar la potencia del anterior.
  - \* Cuando lo estés me lo indicas con un gesto afirmativo de la cabeza y yo te diré ¡YA!. Desde ese momento tienes tres segundos para realizar el salto.
  - \* Después de cada salto te aparecerá en la pantalla la potencia conseguida, comparada con la de los anteriores del bloque y con la media del bloque anterior.
- 
-