

**TESIS DOCTORAL**

***ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE SALTO EN INMERSIÓN***



**AUTOR**

Alexis Jurado Lavanant

**DIRECTORES**

Dr. José Carlos Fernández García  
Departamento de Didáctica de las Lenguas, el Arte y el Deporte.  
Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Málaga.

Dr. José Ramón Alvero Cruz  
Departamento de Fisiología Humana, Histología Humana, Anatomía Patológica  
y de la Educación Física y Deportiva.  
Facultad de Medicina. Universidad de Málaga.

**UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

MÁLAGA  
2015



Publicaciones y  
Divulgación Científica

AUTOR: Alexis Jurado Lavanant

 <http://orcid.org/0000-0001-5545-9407>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA): [riuma.uma.es](http://riuma.uma.es)



Prof. Dr. JOSÉ CARLOS FERNÁNDEZ GARCÍA

El Prof. Dr. José Carlos Fernández García, Profesor Titular del Departamento de Didáctica de la Lengua, El Arte y El Deporte de la Universidad de Málaga

### AUTORIZA

La Presentación de la Tesis Doctoral, realizada por D. Alexis Jurado Lavanant, con el título: **“Estudio de la capacidad de salto en inmersión”**, de la cual he sido Director, siendo proyectada, desarrollada y redactada bajo mi supervisión, para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Málaga.

Y para que surtan los efectos oportunos, al interesado, firmo la presente en Málaga, a dos de Junio de dos mil quince

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'J' and 'C' intertwined, with a vertical line extending downwards from the bottom of the signature.

Prof. Dr. José Carlos Fernández García



Prof. Dr. JOSÉ RAMÓN ALVERO CRUZ  
Profesor Titular de Universidad

-----o-----  
Departamento de Fisiología Humana, Histología  
Humana, Anatomía Patológica y de la Educación  
Física y Deportiva  
FACULTAD DE MEDICINA  
Universidad de Málaga

El Prof. Dr. José Ramón Alvero Cruz, de la Escuela de Medicina de la Educación Física y del Deporte, del Área de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Málaga

### AUTORIZA

La Presentación de la Tesis Doctoral, realizada por D. Alexis Jurado Lavanant, con el título: **“Estudio de la capacidad de salto en inmersión”**, de la cual he sido Director, siendo proyectada, desarrollada y redactada bajo mi supervisión, para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Málaga.

Y para que surtan los efectos oportunos, al interesado, firmo la presente en Málaga, a dos de Junio de dos mil quince

Prof. Dr. José Ramón Alvero Cruz

---

Departamento de Fisiología Humana y Educación Física y Deportiva - Facultad de Medicina - Edif. López de Peñalver s/n - E-29071 MALAGA

Tels +34-952-137599 (directo); +34-661-055199 (GSM) Fax +34-952-137283

e-mail: alvero@uma.es

*Dedicado a mis padres,  
por haberme transmitido los mejores valores para la vida.*

### *Agradecimientos*

Quiero agradecer el esfuerzo y ayuda que de forma desinteresada me han mostrado un gran número de personas en este proceso, contribuyendo de una u otra forma a lograr este sueño.

A los miembros del tribunal por haber aceptado formar parte del mismo.

A mis Directores de Tesis, Dr. José Carlos Fernández García y Dr. José Ramón Alvero Cruz, porque sin su apoyo y total confianza esto no habría sido posible. Ellos me han mostrado la rigurosidad del método científico, la pasión por la investigación y el verdadero valor de las cosas bien hechas.

A mis compañeros sevillanos de la UPO Fernando y David, por su gran amistad, paciencia, participación y por estar siempre dispuestos a ayudar y animar. Gracias por todas esas lecciones de software e informática.

A mi buen amigo y compañero, desde mis estudios de INEF en Granada, Carlos Moreno, por su confianza y ayuda prestada en este largo proceso y porque me ha animado siempre de forma inquebrantable. Y a mis compañeros de estudios, inseparables amigos y nadadores Diego Gil y Diego Moscoso, porque han confiado en mí y me han sabido animar en cada momento.

A mis padres, porque siempre me han apoyado en cada una de las decisiones y han sido parte imprescindible de esta Tesis por la continua ayuda y confianza mostrada. Me enseñaron a realizar las cosas de forma correcta y conseguir muchas metas, con tesón y trabajo, aunque el camino sea más largo de recorrer.

Y a todos los participantes de esta investigación que permitieron que el estudio se llevara a cabo. Así como al complejo deportivo de la UMA, el Laboratorio de la Escuela de Medicina de Educación Física y del Deporte, el Laboratorio de Motricidad Humana, la Unidad Médica del Centro Andaluz de Medicina del Deporte de Málaga, la Federación de Salvamento y Socorrismo Acuático por la cesión de sus instalaciones para la consecución de la investigación. ¡MUCHAS GRACIAS A TODOS!

## PRÓLOGO

Tras mi formación académica en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Granada y la realización de los cursos de doctorado correspondientes al Programa de Investigación en Actividad Física y Deporte, he tenido la posibilidad de realizar esta investigación.

La oportunidad de experimentar con distintos instrumentos de evaluación junto con las aportaciones teórico-prácticas de distintos autores, me ha despertado la iniciativa y motivación por descubrir nuevas posibilidades de entrenamiento.

En la iniciativa por descubrir nuevas posibilidades de entrenamiento relacionadas con las mediciones llevadas a cabo con la plataforma de Bosco (1982), cabe preguntarse, si en la realización de un trabajo pliométrico de las extremidades inferiores en un medio acuático es similar al realizado en seco, llevando a cabo el protocolo de saltos conocido como «squat jump» durante los entrenamientos. Gracias al procedimiento realizado con la misma, se pueden extraer conclusiones relevantes a la hora de programar la planificación y control de la fuerza del deportista. Para ello se ha empleado el gesto de flexo-extensión de las articulaciones de las rodillas en dos contextos distintos.

Con tal fin, se han hallado varias investigaciones en las que se utiliza explícitamente la pliometría en inmersión para el desarrollo del rendimiento en salto vertical. Entre ellas caben destacar los autores Stemm y Jacobson (2007) en el artículo «Comparación del salto vertical pliométrico en agua y seco» y el de Martel *et al.* (2004) sobre «Entrenamiento pliométrico en agua para incrementar el salto vertical en jugadoras de voleibol». Sin embargo, apenas se ha profundizado mucho más en este ámbito de investigación tal y como demuestra la ausencia de literatura científica al respecto.

Ante esta falta de conocimiento científico en este ámbito del entrenamiento se hace necesario abrir una línea de investigación que amplíe y complemente el conocimiento existente.

En el presente trabajo, se propone tanto un aumento del número de semanas de entrenamiento como de participantes durante el proceso de investigación, lo que implica, en principio, una mayor fiabilidad de los resultados.

Ello podría abrir una vía a la utilización de un medio que podría resultar de gran importancia debido a la posibilidad de crear adaptaciones en el organismo que posibiliten un aumento del rendimiento físico con un menor estrés e impacto que el habitual entrenamiento en seco.

El procedimiento de planificación, debe ser metódico y científico para que permita a los deportistas lograr elevados niveles de entrenamiento y rendimiento Bompa (2007), constituyendo la herramienta fundamental del entrenador, que habrá de organizar y secuenciar adecuadamente en el tiempo las cargas a aplicar, así como establecer los periodos de control para evaluar el rendimiento deportivo. Por ello, será un medio de manipulación del entrenamiento del deportista, según las demandas específicas del deporte, para conseguir los mejores resultados posibles.

La valoración de los logros obtenidos en diferentes momentos, permitirá conocer el grado de consecución de los objetivos de rendimiento previstos en los diferentes ciclos de entrenamiento, dando a conocer al entrenador los ajustes necesarios que se deben realizar en el proceso de planificación, para obtener unos resultados óptimos.

# ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE SALTO EN INMERSIÓN

## RESUMEN

### Introducción

El propósito de este análisis ha sido examinar los efectos del EP de la muestra de estudio seleccionada tanto en seco como en inmersión mediante el entrenamiento del salto vertical sin contramovimiento (SJ) y con contramovimiento (CMJ), el salto DJ30/50 (salto con una caída procedente de una altura de 30 ó 50 cm, del término inglés “drop jump”), el salto RJ10 (test de saltos reactivos, consistente en realizar 10 saltos de manera continua buscando la máxima altura en cada uno de ellos, del término inglés “repeat jump 10”) y la concentración de creatinquinasa (CK).

### Desarrollo teórico

Los programas de entrenamiento se realizaron en un periodo de 6 semanas en el estudio piloto y otro de 10 semanas para permitir la realización de todos los aspectos del estudio y permitiendo el tiempo suficiente para las adaptaciones de entrenamiento potenciales. Se sometieron a un programa de entrenamiento de dos sesiones semanales en días no consecutivos y simultáneos para ambos grupos a lo largo de un total de 12 sesiones para el estudio piloto y 20 para el posterior. Con anterioridad a cada sesión de entrenamiento, los participantes realizaban un calentamiento, consistente en un periodo de activación por medio de 5 minutos de movilidad articular, en el que aparecían los movimientos activos libres localizados en las cadenas cinéticas, tanto superiores como inferiores y amplitud de movimiento, más 5 minutos de carrera continua lenta.

### En conclusión,

1.- La participación en el estudio durante seis semanas de entrenamiento demuestra que ambos grupos mejoran el rendimiento, tanto en inmersión como en seco, sin que se produzcan diferencias significativas para un período de 6 semanas, tanto en el salto vertical SJ como CMJ. Teniendo el grupo EPA y EP una tendencia a seguir mejorando al cabo de seis semanas, siendo éste último período y carga de trabajo los óptimos.

2.- El EPA y EP produce a lo largo de 6 semanas mejoras no significativas en el rendimiento del salto vertical, siendo el EP una mejor opción para la obtención de mejores valores tras un período de 10 semanas.

3.- A partir de los 350 saltos por sesión se reducen los resultados obtenidos en lugar de incrementarlos.

4.- El EP obtuvo mejoras significativas en las variables analizadas (RJ10: 97/3/0; DJ30: 97/3/0; DJ50: 100/0/0). Sin embargo, los saltos en profundidad no obtienen mejores resultados en los EPA tras 10 semanas de entrenamiento (RJ10: 50/42/9; DJ30: 83/17/0; DJ50: 63/36/1), debido, probablemente, a la especificidad del salto y la inhibición del reflejo miotático así como al retardo de la velocidad del CEA.

5.- Ambos grupos de entrenamiento mostraron curiosamente una mayor concentración de CK en relación al test intermedio y final, a pesar de aumentar el volumen de entrenamiento de 300 a 500 saltos (83,3%) por ciclo de sesión. Sin embargo, el EP parece producir un daño muscular mayor que el EPA (15,0% frente a 3,2%), siendo mayor la rigidez muscular evaluada.

**PALABRAS CLAVES:** Salto vertical, pliometría, inmersión.

## **ABSTRACT**

### **Introduction**

The purpose of this analysis was to examine the effects of EP study sample selected both dry and submerged by training vertical jump without countermovement (SJ) and countermovement (CMJ), the jump DJ30 / 50 (jump a fall from a height of 30 or 50 cm, the English term "drop jump"), the RJ10 jumping (jumps test reagent, consisting in 10 jumps continuously looking for the maximum height in each, the term English "repeat jump 10") and the concentration of creatine kinase (CK).

### **Theoretical development**

Training programs were conducted over a period of six weeks in the pilot study and another 10 weeks to allow the implementation of all aspects of the study and allowing enough time for training potential adaptations. They underwent a training program of two sessions per week on nonconsecutive days, simultaneous for both groups over a total of 12 sessions for the pilot and 20 for further study. Before each training session, participants performed a warm-up, consisting of an activation period through five minutes of joint mobility, which appeared free assets localized movements in both upper and lower kinetic chains and breadth of movement, plus 5 minutes of continuous running slow.

### **In conclusion,**

1.- Participation in the study for six weeks of training shows that both groups improved performance in both immersion and dry, with no significant differences for a period of six weeks from occurring in both the vertical jump SJ and CMJ. EPA group and EP are a tendency to continue to improve after six weeks period and the latter being the optimal workload.

2.- The EPA and EP occur over 6 weeks no significant performance improvements vertical jump, the EP being a better choice for obtaining better value after a period of 10 weeks.

3.- From the 350 jumps per session the results are reduced rather than increase them.

4.- The EP significant improvements obtained in the analyzed variables (RJ10: 97/3/0; DJ30: 97/3/0; DJ50: 100/0/0). However, depth jumps do not get better in the EPA after 10 weeks of training (RJ10: 50/42/9; DJ30: 83/17/0; DJ50: 63/36/1), probably due to jump specificity and stretch reflex inhibition and delay speed CEA.

5.- Both training groups showed a higher concentration curiously CK relative to the intermediate and final test, despite increasing training volume from 300 to 500 jumps (83.3%) per cycle session. However, the EP seems to produce muscle damage greater than the EPA (15.0% vs 3.2%), and greater muscle stiffness evaluated.

**KEYWORDS:** Jump; Plyometric; dip.

**ÍNDICE**

<i>Índice de abreviaturas</i>	12
<i>Índice de tablas</i>	14
<i>Índice de figuras</i>	16
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y APROXIMACIÓN GENERAL AL ESTUDIO	20
1. Fundamentos de adaptación en el entrenamiento deportivo	22
2. Factores determinantes de la adaptación al entrenamiento	27
3. Principios del entrenamiento y variables reguladoras del esfuerzo físico	27
4. La fuerza y factores implicados en su desarrollo	30
5. Manifestaciones de la fuerza, tipos y características básicas	31
6. Método para desarrollar el entrenamiento pliométrico	37
6.1. Análisis etimológico y conceptual	37
6.2. Evolución histórica	38
6.3. Fundamentos y aspectos fisiológicos	39
6.4. Consideraciones a tener en cuenta para su realización	41
6.5. Efectos benéficos y ventajas	41
6.6. Inconvenientes de su uso	43
7. Efectos en el organismo tras el entrenamiento de la fuerza	44
7.1. Metabólico y cardiovasculares	45
7.2. Efectos sobre la tensión arterial	45
7.3. Efectos sobre el sistema osteoarticular	46
8. Sobreentrenamiento	47
CAPÍTULO II. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS	54
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	60
1. Sujetos	62
2. Diseño	64
3. Material e instrumentos	66
3.1. Instalaciones	66

3.1.1. Piscinas cubiertas	67
3.1.2. Pista de atletismo	67
3.1.3. Gimnasio de la Federación de Salvamento y Socorrismo Acuático	68
3.1.4. Laboratorio de la Escuela de Medicina de Educación Física y del Deporte	68
3.1.5. Laboratorio de Motricidad Humana	69
3.1.6. Unidad Médica del Centro Andaluz de Medicina del Deporte de Málaga	70
3.2. Materiales	70
3.2.1. Tallímetro	70
3.2.2. Báscula	71
3.2.3. Bioimpedanciómetros	72
3.2.4. Analizador de los componentes sanguíneos	74
3.2.5. Plataforma de saltos	76
3.2.6. Banco sueco	80
3.2.7. Banqueta	81
4. Procedimiento	81
4.1. Calentamiento	82
4.2. Entrenamiento del salto vertical	82
4.2.1. Entrenamiento Pliométrico Acuático en el estudio piloto	82
4.2.2. Entrenamiento Pliométrico Acuático en los posteriores estudios	83
4.2.3. Entrenamiento Pliométrico en todos los estudios	84
4.3. Estiramientos	86
5. Protocolo de actuación para la medición de los test	87
5.1. Medidas básicas	87
5.1.1. Estatura en bipedestación	87
5.1.2. Masa	88
5.2. Bioimpedancias	89
5.2.1. OMRON BF306	89
5.2.2. TANITA BC418	90
5.3. Análisis de los componentes sanguíneos	91
5.4. Saltos	97

CAPÍTULO IV. RESUMEN GLOBAL DE LOS RESULTADOS	102
1. Objetivos de la evaluación de los resultados	105
2. Causas que justifican la evaluación de la fuerza	106
3. Características a reunir para evaluar la fuerza	107
4. Criterios de selección del método de evaluación	107
5. Ventajas e inconvenientes de registros de tests de rendimiento motor	110
6. Análisis de los resultados	111
6.1. Estudio piloto publicado en Science & Sport	111
6.2. Posteriores estudios publicados en RIMCAFD e IJSM	115
 CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	 120
 CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES FINALES	 128
 CAPÍTULO VII. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	 132
 CAPÍTULO VIII. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	 136
 CAPÍTULO IX. ESTUDIOS INTEGRANTES DE LA INVESTIGACIÓN	 140
 Estudio I. Entrenamiento pliométrico acuático	
 Estudio II. Efectos del entrenamiento pliométrico acuático vs. seco sobre el salto vertical	
 Estudio III. Los efectos del entrenamiento pliométrico acuático en los saltos repetitivos, saltos profundos y daño muscular	
 ANEXOS	

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**ABKJ:** abalakov

**ATIP:** adenosín-trifosfato

**CEA:** ciclo de estiramiento y acortamiento (muscular)

**CK:** creatinquinasa

**CMJ:** salto con contramovimiento, del término inglés «counter-movement jump»

**DJ30:** salto con una caída precedente de una altura de 30 cm, del término inglés «drop jump»

**DJ50:** salto con una caída precedente de una altura de 50 cm, del término inglés «drop jump»

**EPA:** entrenamiento pliométrico acuático

**EP:** entrenamiento pliométrico

**FASS:** Federación Andaluza de Salvamento y Socorrismo

**FT:** fibras de contracción rápida, del término inglés «fast twitch»

**GC:** grupo control

**GI:** grupo de entrenamiento en inmersión

**GS:** grupo de entrenamiento en seco

**IE:** índice de elasticidad

**IJSM:** International Journal of Sports Medicine

**NASA:** National Aeronautics and Space Administration

**RIMCAFD:** Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

**RJ10:** test de saltos reactivos, consistente en realizar 10 saltos de manera continua buscando la máxima altura en cada uno de ellos, del término inglés «repeat jump 10»

**RM:** repetición máxima

**SJ:** salto sin contramovimiento, del término inglés «squat jump»

**ST:** fibras de contracción lenta, del término inglés «slow twitch»

**UMA:** Universidad de Málaga

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes de la fuerza máxima

Tabla 2. Características del entrenamiento realizado

Tabla 3. Conceptualización del término pliometría

Tabla 4: Estadísticos descriptivos del estudio piloto con muestra (n = 24) e investigación (n = 65)

Tabla 5. Horas de entrenamiento (E) a la semana de la muestra y sueño (S) al día (n = 65)

Tabla 6. Descripción de las actividades físicas o deportivas de la muestra (n = 65)

Tabla 7. Programación de los entrenamientos para 6 semanas (estudio piloto) y 10 semanas

Tabla 8. Porcentajes de grasas de distintos sujetos.

Tabla 9. Procedimiento en la ejecución de los distintos test de saltos

Tabla 10. Clasificación de los tipos de evaluación deportiva

Tabla 11. Criterios de selección establecidos para la evaluación

Tabla 12. Resultados de la altura de vuelo en los saltos squat jump y counter movement jump para el grupo de entrenamiento pliométrico acuático y el grupo de entrenamiento en seco durante el estudio piloto.

Tabla 13. Resultados de la altura de vuelo en los saltos squat jump y counter movement jump para el grupo de entrenamiento pliométrico acuático y el grupo de entrenamiento en seco.

Tabla 14. Evolución de los cambios producidos en las variables de los saltos repeat jump 10, drop jump 30/50 y de la muestra de creatinquinasa

Tabla 15. Comparación de las variables de rendimiento neuromusculares entre grupos seleccionados de test 1 a test 3

Tabla 16. Características de los programas de entrenamiento utilizados en algunos estudios

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases del Síndrome General de Adaptación (Weineck, 2005)

Figura 2. Relación de las cargas con el Umbral de entrenamiento (Rubio, 2002)

Figura 3. Teoría General de Adaptación y Supercompensación (Weineck, 2005)

Figura 4. Dinámica homeostática ante la aplicación de una carga (Forteza, 2001)

Figura 5. Manifestaciones de la fuerza (Vittori, 1990; González y Gorostiaga, 1995; Tous, 1999; Verkhoshansky, 1996 citados en Chulvi et al. 2007)

Figuras 6 y 7. Piscinas cubiertas: Federación de Salvamento y Socorrismo Acuático y Universidad de Málaga

Figuras 8 y 9: Pista de atletismo de la Universidad de Málaga y lateral para entrenar

Figura 10. Laboratorio ubicado en el Polideportivo de la Universidad de Málaga

Figura 11. Laboratorio ubicado en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga

Figura 12. Unidad médica ubicada en el Polideportivo de Carranque

Figura 13. Tallímetro con precisión 1 mm para registro de la talla

Figura 14. Báscula para pesar a los participantes de la marca Seca (precisión 100 gr)

Figura 15. Bioimpedanciómetro, mide índice de masa corporal y porcentaje de grasa corporal, Omron BF306.

Figura 16. Bioimpedanciómetro, Tanita BC418

Figura 17. Analizador sanguíneo

Figura 18. Ergojump-plus Bosco System

Figura 19. Banco sueco con altura de 30 cm

Figura 20. Banqueta de madera con altura de 50 cm

Figura 21. Calentamiento de carrera continua

Figura 22. Perspectiva acuática de la piscina de la Universidad de Málaga desde el observatorio

Figuras 23 y 24. Piscina de la Universidad de Málaga, distribución y salto

Figura 25. Lateral de la pista de atletismo

Figura 26. Varios estiramientos realizados en la piscina tras el EPA

Figura 27. Plano de Frankfort.

Figura 28. Báscula

Figura 29. Modo de uso del bioimpedanciómetro Omron BF 306

Figuras 30 (a) y 31 (b). Modo de uso del bioimpedanciómetro Tanita BC418

Figura 32. Varios de los elementos utilizados en el análisis de CK

Figuras 33 y 34. Envase con tiras (a) y punzón para la extracción y depósito de gota sanguínea (b)

Figuras 35 (a) y 36 (b). Tubos de capilares de los parámetros a determinar

Figuras 37. Introducción de la tira reactiva

Figura 38. Procedimiento para la obtención de sangre capilar

Figura 39. Ergojump-plus Bosco System (Tomado de Urdampilleta, A. *et al.* 2014)

Figuras 40 y 41. Preparación para el salto SJ (a), CMJ (b) y RJ10 (b)

Figura 42-44. Preparación y salto para DJ30 (a), DJ50 (b) y posterior recepción (c)

Figura 45. Altura del salto squat jump en el grupo de entrenamiento pliométrico acuático

Figura 46. Altura del salto counter-movement jump en el grupo entrenamiento pliométrico acuático

Figura 47. Altura del salto squat jump en el grupo de entrenamiento pliométrico en seco

Figura 48. Altura del salto counter-movement jump en el grupo de entrenamiento pliométrico en seco

Figuras 49 y 50. Evolución del salto squat jump y del salto counter-movement jump respectivamente a lo largo del proceso de entrenamiento en los diferentes grupos. Diferencias significativas intra-grupo respecto al test 1: \*  $P \leq 0,05$



## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**Y**

### **APROXIMACIÓN GENERAL AL ESTUDIO**



## **INTRODUCCIÓN Y APROXIMACIÓN GENERAL AL ESTUDIO**

Con el paso del tiempo, el éxito deportivo se ha transformado en un proceso cada vez más complejo y difícil de conseguir. La mejora del rendimiento deportivo requiere una progresión, personalización y control de las cargas para la consecución de la optimización en las adaptaciones producidas por el mismo. Evitar las lesiones durante dicho proceso se ha convertido en algo trascendental ya que podría suponer la pérdida de resultados, victorias y medallas disputadas por unas mínimas diferencias, además de las consecuencias económicas que éstas conllevan.

Ante esta perspectiva, se hace necesario aumentar el conocimiento acerca de la preparación de los deportistas, tanto de los entrenamientos «tradicionales» como en aquellos entrenamientos alternativos. Dada la falta de conocimiento de la pliometría en un contexto acuático donde los impactos de las cargas son más livianos, se plantearon la realización de diferentes estudios en el que la variable independiente fuese el medio en el que se realizase el entrenamiento pliométrico (seco vs. acuático). En estos estudios se respeta el principio de progresión de la carga, ya que se realiza una graduación de la carga de entrenamiento de menor a mayor, en cuanto a series y repeticiones.

En el caso de estudio del que nos ocupamos se realizó un proyecto piloto en el que se analizaron los efectos del entrenamiento pliométrico acuático (EPA). En un intento de complementar y confirmar los resultados hallados en este estudio preliminar, se realizó un programa de entrenamiento más duradero, con un total de diez semanas y complementándose con un mayor número de mediciones.

El objetivo final de conjunto de los estudios presentados fue comparar los efectos de un entrenamiento pliométrico realizado en un medio acuático con respecto a un entrenamiento pliométrico en seco en diferentes indicadores de rendimiento físico.

### **1.- FUNDAMENTOS DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO.**

El entrenamiento deportivo se basa en tres leyes y una serie de principios que se conjugan para regir todo el proceso. Las leyes según Jiménez (2005) son:

**a) Teoría del Síndrome General de Adaptación.**

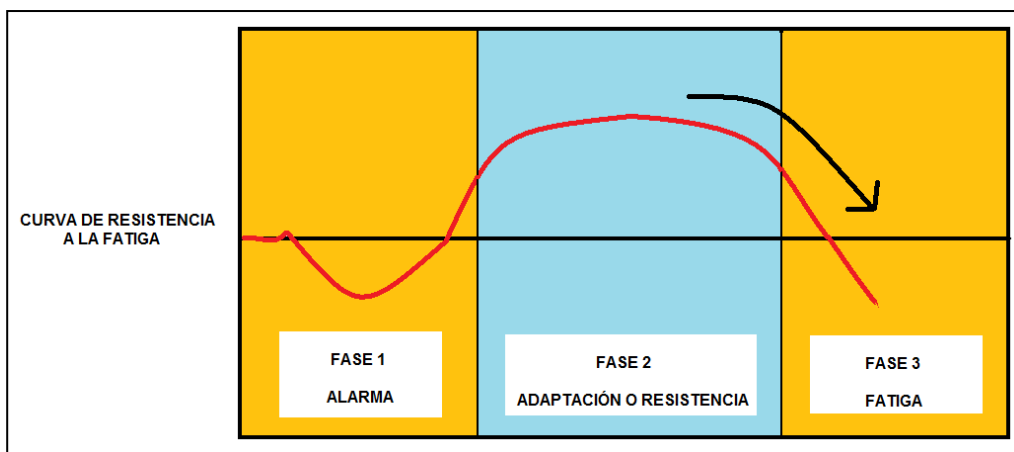
Esta ley parte del concepto esgrimido por Hans Selye, denominado como «Síndrome General de Adaptación», el cual fue definido como la «respuesta adaptativa e inespecífica del organismo ante cualquier estímulo o causa que pueda poner en peligro el equilibrio biológico» (Selye, en Campos y Cervera, 2001). Dicha ley estableció las diferentes fases que tienen lugar en el organismo durante el proceso de tránsito ante el estrés.

Según Jiménez (2005) estas fases son:

1.- Fase de Alarma: se produce la pérdida del equilibrio homeostático del organismo y éste responde realizando los ajustes orgánicos necesarios para reponerlo de nuevo.

2.- Fase de Adaptación o Resistencia: una vez realizados esos ajustes, el organismo tiene sus parámetros restituidos y aumentados, por lo que soporta el agente estresante o estímulo.

3.- Fase de Fatiga: se aprecia una reducción de la cantidad y calidad de entrenamiento de fuerza en las mismas circunstancias (Izquierdo *et al.*, 2006), siendo la velocidad de ejecución un indicador del grado de fatiga (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2011).



**Figura 1. Fases del Síndrome General de Adaptación (Weineck, 2005)**

Hans Selye en 1955, señaló que frente a cualquier agente que actúa sobre el organismo, se producen simultáneamente una serie de reacciones típicas (siempre las mismas), independientemente de la naturaleza de los estímulos. Estas reacciones son:

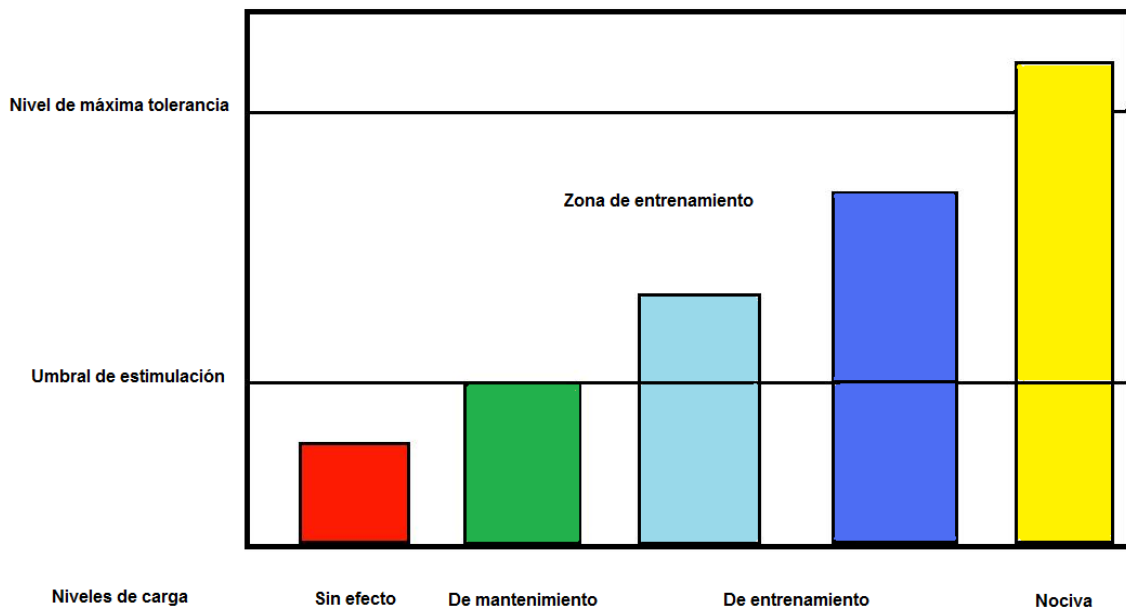
- Aumento de la actividad suprarrenal.
- Atrofia del sistema metabólico de las grasas.
- Ulceración del tubo digestivo.
- Otras tales como pérdida del peso, disminución de los cuerpos antiácidos en sangre, etc.

Este conjunto de manifestaciones que se repetían ante la acción de cualquier estímulo, es a lo que se denomina Síndrome General de Adaptación.

#### **b) Ley del Umbral o de Arnold-Schultz.**

Esta ley, directamente relacionada con la anterior, determina que para que se produzca el fenómeno anteriormente expuesto, el estímulo (carga de entrenamiento), debe ser lo suficientemente intenso como para provocar el desgaste del organismo, que da inicio al proceso de super-compensación, pero no puede rebasar ciertos límites sin incurrir en el riesgo de provocar lesiones o fatiga crónica. Jiménez (2005), afirma que todo sujeto posee un umbral que una vez aplicado un estímulo, si su intensidad es inferior al umbral del sujeto, no produce desgaste; existe una zona de tolerancia que en caso de ser aplicado, supondría un efecto positivo y un límite superior que está por encima del umbral, que supone que el organismo no puede asumir el estímulo aplicado debido a su excesiva intensidad. Además, esta ley establece que este «umbral» es individual, es decir, cada uno tiene el suyo, por lo que la aplicación de las cargas de entrenamiento se debe valorar siempre de forma individual.

Desde el punto de vista del entrenamiento deportivo, la Ley del Umbral supone que los estímulos bajo el umbral, no entrenan; aquellos que están próximos al umbral y son repetitivos, pueden entrenar; por último, los que sobrepasan ligeramente, sí entrenan y los que son muy intensos, pueden entrenar si no se repiten en exceso, aunque su uso frecuente podría desembocar en síndrome de sobreentrenamiento (Jiménez, 2005).



**Figura 2. Relación de las cargas con el Umbral de entrenamiento. (Rubio, 2002)**

La regulación de la carga, se hace a través de la modulación de las variables reguladoras del esfuerzo (Boeckh-Behrens y Buskies, 2005), esto es:

- Volumen.
- Intensidad.
- Duración.
- Densidad.
- Frecuencia de entrenamiento

Más adelante, se detallan tales conceptos que determinan la carga de entrenamiento y por tanto la intensidad del estímulo que soporta el deportista en sus entrenamientos.

**c) Ley de la Supercompensación.**

El concepto de Selye, fue extrapolado al ámbito del entrenamiento deportivo, de modo que cuando se aplica una carga el organismo sufre un desgaste en su capacidad funcional. Si en esta situación de desgaste, se le da al organismo la oportunidad de

recuperar, éste no sólo alcanza el nivel funcional inicial, sino que reacciona superándolo, como respuesta defensiva ante otra posible agresión (entrenamiento). A este proceso de superación del nivel funcional inicial, se le llama «super-compensación». Este estado de super-compensación no es permanente, por lo que pasado un tiempo, el nivel funcional volverá a los valores de partida (Kilgore *et al.* 1998).

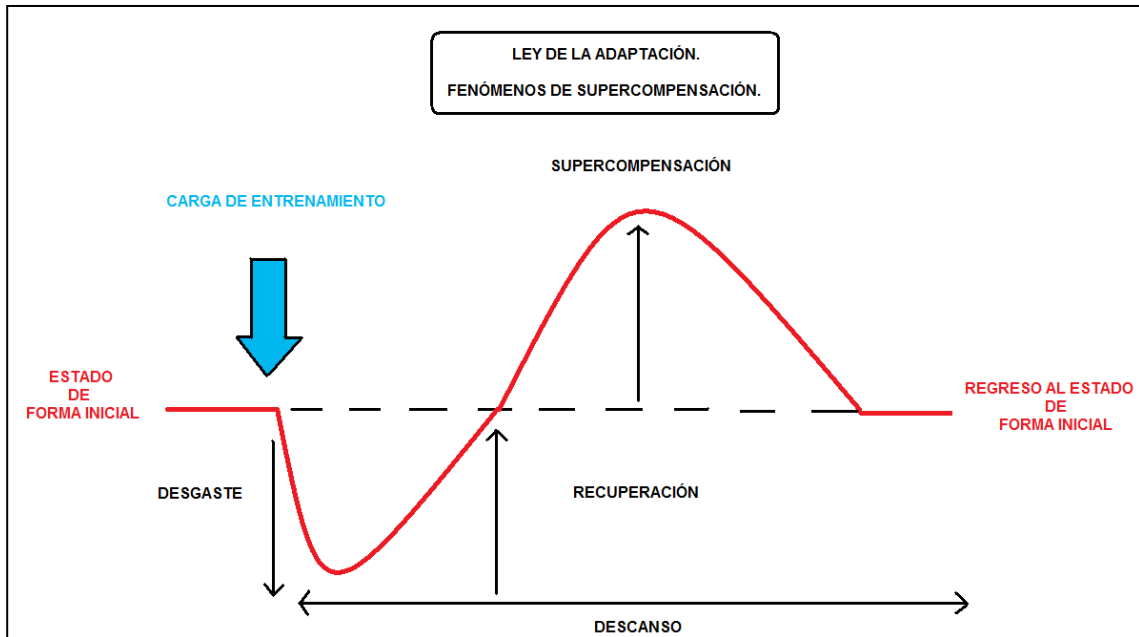


Figura 3. Teoría General de Adaptación y Supercompensación (Weineck, 2005)

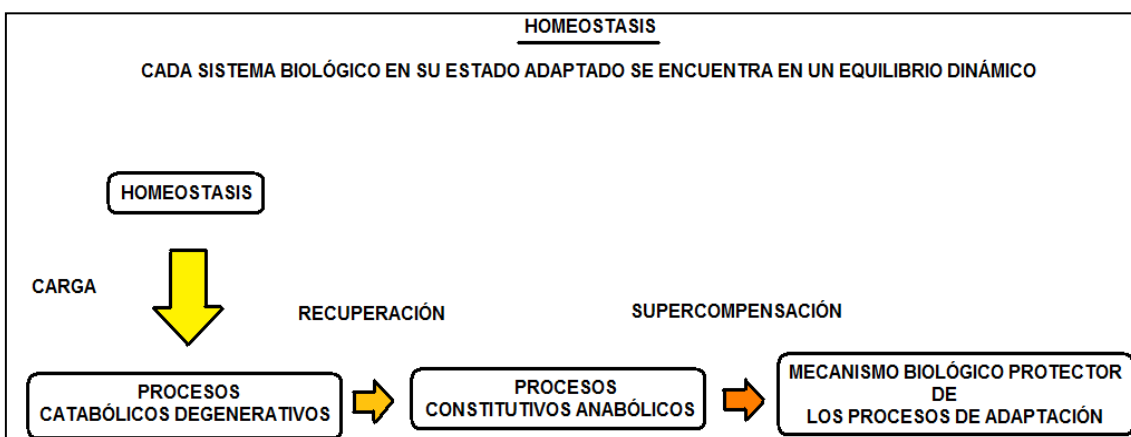


Figura 4. Dinámica homeostática ante la aplicación de una carga. (Forteza, 2001)

De estas leyes fundamentales, emanan los conocidos como «principios del entrenamiento» los cuales deben respetarse para alcanzar el máximo rendimiento deportivo, producto del proceso de planificación deportiva.

## **2.- FACTORES DETERMINANTES DE LA ADAPTACIÓN AL ENTRENAMIENTO.**

Jiménez (2005) hace mención a tres parámetros que determinan la capacidad de adaptación de un sujeto tras la aplicación de una carga.

Los factores son:

1.- Especificidad del entrenamiento: las adaptaciones conseguidas son específicas del tipo de entrenamiento que se lleve a cabo. Según Jiménez (2005), ello es consecuencia de que el organismo se adapta «de la forma más específica posible al ejercicio que se le demanda».

2.- Dotación genética: el límite de rendimiento de un deportista, está impuesto genéticamente.

3.- Estado de entrenamiento: una carga de una misma magnitud, supone un estímulo diferente para varios sujetos en función del estado de forma en el que se encuentren en ese momento.

## **3.- PRINCIPIOS DEL ENTRENAMIENTO Y VARIABLES REGULADORAS DEL ESFUERZO FÍSICO.**

La fuerza y su metodología, debe estar adecuadamente planificada e inmersa en un programa de entrenamiento, que asegure un control exhaustivo por parte del entrenador, para permitir el cumplimiento del mismo e introducir las modificaciones que se estimen oportunas.

Existen numerosas clasificaciones y nomenclaturas referidas a los principios que rigen el entrenamiento. Como trabajo previo, actual y crítico, a continuación exponemos la taxonomía establecida por Boeckh-Behrens y Buskies (2009) por

1.- Principio de adaptación biológica o supercompensación: el organismo tiene la capacidad de reaccionar ante los esfuerzos adaptándose a las características del mismo, incrementando temporalmente su potencial con respecto al momento de aplicación del estímulo de entrenamiento.

2.- Principio de la relación óptima entre el esfuerzo y la recuperación: para conseguir un efecto de entrenamiento positivo, es necesario que la relación entre el esfuerzo y la recuperación sean proporcionales.

3.- Principio del aumento progresivo del esfuerzo: la capacidad adaptativa del organismo, supone que progresivamente hay que aumentar la intensidad de los estímulos aplicados.

4.- Principio de la variación del esfuerzo: si durante cierto tiempo se persiste en las mismas exigencias de entrenamiento, el organismo «se esfuerza» cada vez menos y su progresión en el rendimiento se reduce. Para evitarlo, los autores citados entienden que es posible introducir cambios progresivos del siguiente modo:

- Aumentar el número de entrenamientos por semana.
- Aumento del número de ejercicios.
- Aumento de la intensidad.
- Aumento del número de series.
- Variación en el número de repeticiones por serie.
- Variación en la velocidad del movimiento.
- Introducir cambios en la distribución de las sesiones en la periodización

5.- Principio de la regularidad del entrenamiento: es necesaria la aplicación regular de estímulos para conservar o mejorar los efectos de entrenamiento.

6.- Principio de la individualización: para optimizar los resultados obtenidos de una planificación, todos los parámetros se deben ajustar a las características personales y biológicas del sujeto.

Boeckh-Behrens y Buskies (2009), consideran que las reglas más importantes del esfuerzo para el entrenamiento son: intensidad, duración, volumen, densidad y frecuencia de entrenamiento.

1.- Intensidad: se refiere al grado de esfuerzo o de exigencia de la carga durante la realización de un ejercicio. Bompa (2009) lo define como «el componente cualitativo» del trabajo que realiza el deportista en un plazo de tiempo determinado.

Se determina mediante el grado de fatiga que produce un ejercicio. En el entrenamiento de fuerza se mide por regla general a través del kilogramo, o bien la fuerza utilizada como el porcentaje en relación con la fuerza máxima concéntrica o isométrica.

2.- Duración: indica lo largo que resulta el efecto que tiene un ejercicio individual, como estímulo de movimiento en la musculatura.

3.- Volumen: desde el punto de vista de la fuerza, representa la cantidad total de carga en kilogramos a superar en un ejercicio. Bompa (2009), afirma que engloba la cantidad total de actividad realizada en el entrenamiento, siendo por tanto el componente cuantitativo de la carga. Considera que el volumen de entrenamiento, en función de la modalidad deportiva, está integrado por:

- Tiempo o duración del entrenamiento
- Distancia recorrida o peso levantado
- Las repeticiones de un ejercicio o elemento técnico que el deportista realiza en un tiempo determinado

4.- Densidad: resultado de la relación entre el esfuerzo y la recuperación.

5.- Frecuencia: número de unidades de entrenamiento en determinado tiempo.

Bompa T., Haff G. (2009), añade una variable más que es la de «Complejidad», refiriéndose al grado de sofisticación de un ejercicio de entrenamiento. Considera que la dificultad de un ejercicio, es decir, las exigencias coordinativas, puede aumentar la intensidad.

#### **4.- LA FUERZA Y FACTORES IMPLICADOS EN SU DESARROLLO.**

La fuerza es la capacidad en la que se incidirá a lo largo de la investigación. A continuación se realizará una descripción de la misma desde su marco conceptual: «Capacidad para vencer o contrarrestar una resistencia mediante la actividad muscular» (Lyakh *et al.*, 2009).

González-Badillo y Marques consideran que su valoración tiene trascendencia en el gesto deportivo ya que permite «dirigir correctamente muchos aspectos del entrenamiento» (González-Badillo y Marques, 2010).

Siff y Verkonsansky (2004), considera los siguientes factores que determinan el grado de fuerza:

##### 1.- Factores estructurales:

- 1.1.- Dimensiones del corte transversal muscular.
- 1.2.- Densidad de fibras por unidad de corte transversal.
- 1.3.- Eficiencia de la palanca mecánica a través de la articulación.

##### 2.- Factores funcionales:

- 2.1.- Número de fibras musculares que se contraen simultáneamente.
- 2.2.- Grado de contracción de las fibras musculares.
- 2.3.- Eficacia de sincronización de los impulsos de fibras musculares.
- 2.4.- Velocidad de conducción de las fibras nerviosas.
- 2.5.- Grado de inhibición de fibras musculares que no contribuyen al movimiento.

2.6.- Proporción de fibras de gran diámetro muscular que se encuentren activas.

2.7.- Eficacia de la cooperación entre los diferentes tipos de fibra muscular.

2.8.- Eficacia de los diferentes reflejos de estiramiento en su control de la tensión muscular.

2.9.- Umbral de excitación de las fibras nerviosas que abastecen a los músculos.

2.10.- Longitud inicial de los músculos antes de la contracción.

## **5.- MANIFESTACIONES DE LA FUERZA, TIPOS Y CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.**

En algunos momentos se ha relacionado la velocidad con la fuerza. Bajo este motivo, Knuttgen y Kraemer (2003), la definen como «máxima tensión manifiesta por el músculo a una velocidad determinada». Harman (1993), citado por González-Badillo y Gorostiaga (1999), habla de «habilidad para generar tensión bajo determinadas condiciones definidas por la posición del cuerpo, el movimiento en el que se aplica la fuerza, tipo de activación y la velocidad del movimiento». Estos mismos autores la definen como «máxima tensión que es capaz de realizar en un tiempo determinado». Por otro lado, la producción de tensión será diferente según el tipo de contracción muscular o activación implicada en el gesto y la distinguen entre:

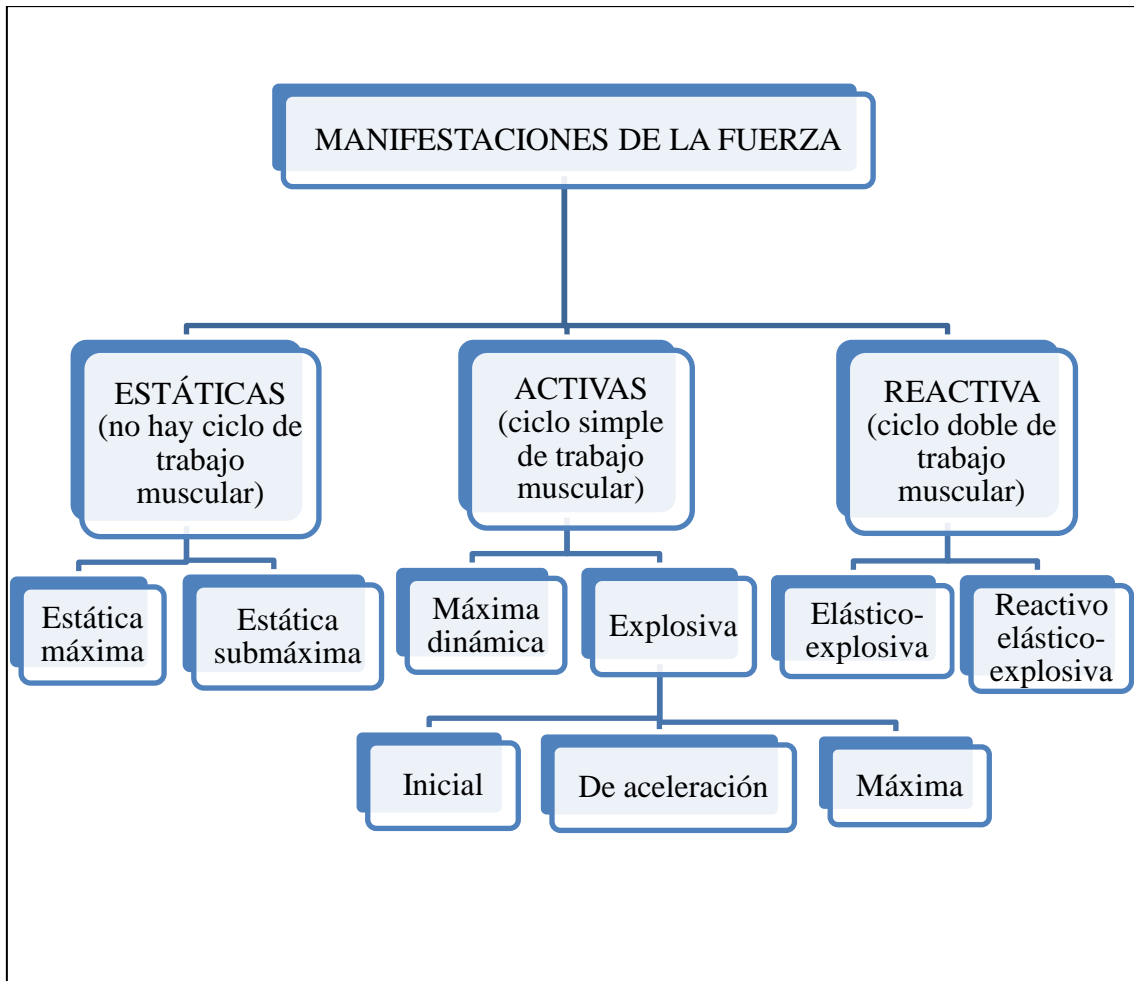
1.- Contracción excéntrica: Debido al efecto sumatorio del reflejo miotático y a la resistencia elástica del elemento elástico muscular (rigidez). En una contracción de este tipo, la velocidad y la resistencia a vencer determinarán la magnitud de la fuerza generada.

2.- Contracción isométrica: Se muestra como la máxima capacidad de generar fuerza de un modo voluntario.

3.- Contracción concéntrica: Ante una carga diferente, a mayor velocidad de desplazamiento de la resistencia, menor fuerza estaremos aplicando. Ante la misma carga, a mayor velocidad, mayor fuerza aplicada.

Vittori (1990), hace referencia a los modos en los que se puede manifestar una fuerza. El tipo de manifestación dependerá entre otros factores, de la tensión, velocidad y tipo de contracción. Por ello distingue entre manifestación estática y dinámica:

- Estática: no se produce movimiento externo aparente.
- Dinámica: existe movimiento externo aparente:
  - Manifestación activa: Resultado de un ciclo simple de trabajo (acortamiento).
    - F. Máxima: máxima tensión que puede generar el músculo de forma dinámica.
    - F. Explosiva: tensión máxima que puede generar un músculo a gran velocidad y en el menor tiempo posible.
  - Manifestación reactiva: Resultado de un ciclo doble de trabajo (ciclo de estiramiento-acortamiento).
    - F. Máxima: máxima tensión que puede generar el músculo de forma dinámica.
    - F. Explosiva: tensión máxima que puede generar un músculo a gran velocidad y en el menor tiempo posible.



**Figura 5. Manifestaciones de la fuerza (Vittori, 1990; González y Gorostiaga, 1995; Tous, 1999; Verkhoshansky, 1996 citados en Chulvi *et al.* 2007)**

Stubler (citado por Matveev, 1992), distingue diferentes tipos de fuerza en función de:

- Modalidad de la contracción:
  - Fuerza Isométrica: existe tensión muscular, pero no hay movimiento ni acortamiento de las fibras al no vencerse la resistencia.
  - Fuerza Isotónica: existe movimiento venciendo la resistencia existente, pudiendo ser «concéntrica» (se produce un acortamiento del músculo con aceleración) o «excéntrica» (se produce un alargamiento del músculo con desaceleración).

- Magnitud de la resistencia a vencer:
  - Fuerza Máxima: es la capacidad que tiene el músculo de contraerse a una velocidad mínima, desplazando la máxima resistencia posible.
  - Fuerza Explosiva: es la capacidad que tiene el músculo de contraerse a máxima velocidad, desplazando una pequeña resistencia.
  - Fuerza Resistencia: es la capacidad que tiene el músculo de vencer una resistencia durante un largo periodo de tiempo. También se le considera como la capacidad de retrasar la fatiga ante cargas repetidas de larga duración.

Se distinguen tres tipos fundamentales de fuerza (Platonov, 2001):

1.- Fuerza máxima: Son las posibilidades máximas que el deportista puede demostrar durante una máxima contracción muscular voluntaria. González y Gorostiaga (1997) contempla la fuerza absoluta, entendiéndola como las posibilidades de reserva que tiene el sistema neuromuscular y que no se manifiestan en condiciones normales voluntarias, sino a través de electroestimulación o extensión de la musculatura máximamente contraída.

2.- Fuerza-velocidad: Es la capacidad del sistema neuromuscular para movilizar el potencial funcional con el fin de lograr altos índices de fuerza en el tiempo más breve posible. Para una resistencia notable aplicaremos fuerza explosiva (salida de carrera de velocidad, natación, lanzamientos de lucha...). Para una resistencia pequeña o media aplicaremos una alta velocidad inicial según el tipo de fuerza de salida (golpes de bádminton, boxeo, acciones de esgrima...).

3.- Fuerza-resistencia: Es la capacidad para mantener índices de fuerza bastante altos durante el mayor tiempo posible. Supone la capacidad de vencer la fatiga muscular, hacer muchas repeticiones de un movimiento o mantener durante un tiempo prolongado una aplicación de fuerza ante una determinada resistencia. Los porcentajes de carga son:

**Tabla 1. Porcentajes de la fuerza máxima**

<i>Magnitud de la resistencia a vencer</i>	<i>Efecto sobre la Fuerza-Resistencia</i>
> 50%	Positivo
30-50%	Neutro
< 25%	Negativo

Los autores González-Badillo y Gorostiaga (1999), diferencian las siguientes manifestaciones:

1.- Fuerza absoluta: capacidad teórica de desarrollo de fuerza de uno o varios grupos musculares en función de la sección transversal y el tipo de fibra. No se obtiene de forma voluntaria, (ni en entrenamientos ni competiciones), sino que podría darse en «situaciones psicológicas extremas, con la ayuda de fármacos o por electroestimulación.»

2.- Fuerza isométrica máxima: se trata de una aplicación del máximo poder de contracción muscular voluntario, sin que se venza la resistencia y por tanto, sin movimiento aparente. Si dicha aplicación se lleva a cabo lo más rápidamente posible, estaremos hablando también de una manifestación de tipo explosiva.

3.- Fuerza máxima excéntrica: tiene lugar cuando la resistencia vence a la máxima contracción voluntaria produciendo un desplazamiento de los segmentos corporales implicados, en el sentido contrario al pretendido por el individuo.

4.- Fuerza dinámica máxima: «es la expresión máxima de fuerza cuando la resistencia sólo se puede desplazar una vez, o se desplaza ligeramente y/o transcurre a muy baja velocidad en una fase del movimiento».

5.- Fuerza dinámica máxima relativa: es la máxima fuerza que se aplica a una resistencia de menor magnitud que la anterior, para imprimir velocidad a la misma (cuanto mayor velocidad de desplazamiento de la resistencia, menor fuerza estaremos desarrollando).

6.- Fuerza explosiva: partiendo de la curva fuerza-tiempo, viene representada por la zona de mayor pendiente donde se aplica la máxima cantidad de fuerza por unidad de tiempo. No tiene lugar un preestiramiento previo a la contracción muscular, de tal modo que la tensión generada está directamente relacionada con la capacidad contráctil (fuerza máxima isométrica o dinámica).

7.- Fuerza elástico-explosiva: previamente a la contracción concéntrica, existe un estiramiento previo sin que haya participación neural del reflejo miotático en el ciclo de estiramiento-acortamiento (ya que ni la fase excéntrica del movimiento es lo suficientemente rápida, ni el tiempo de transición excéntrico-concéntrico lo suficientemente corto). En este tipo de fuerza, la participación contráctil y de los factores de tipo nervioso (reclutamiento y sincronización de unidades motrices) es menor que en los casos anteriores gracias a la facilitación que proporciona la elasticidad muscular. En caso de que sí actuase el reflejo en cuestión, hablaríamos de la manifestación elástico-explosiva-reactiva.

8.- Fuerza elástico-explosiva-reactiva: se produce el reflejo miotático, el cual facilita la contracción de tipo concéntrica siempre y cuando el periodo de tiempo empleado en el ciclo de estiramiento-acortamiento sea muy pequeño.

Las características de la entrenabilidad de la fuerza según el método de Zatsiorsky y Kraemer (2006) la podemos resumir en el siguiente cuadro:

**Tabla 2. Características del entrenamiento de fuerza**

Métodos	Repeticiones	Series	Recuperación
Esfuerzos máximos	1 a 3	4 a 7	7 minutos
Esfuerzos repetidos	5 a 7	6 a 16	5 minutos
Esfuerzos dinámicos	6 a 15	10 a 30	3 minutos

Afirma el autor, que si se utilizan resistencias menores, no se conseguirán desarrollos altos de fuerza máxima e incluso es posible observar en dichos casos una relación negativa.

No siempre es posible utilizar el método de esfuerzos máximos debido al gran estrés que su aplicación produce en el organismo, al margen de la necesidad de variar el entrenamiento para provocar una adecuada adaptación.

## 6.- MÉTODO PARA DESARROLLAR EL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO.

### 6.1.- Análisis etimológico y conceptual

El término pliométrico proviene del griego «plyethein», que significa aumentar, y «metrique», que significa longitud (Wilt, 1978).

A continuación se muestran varias definiciones de pliometría, según distintos autores, para una mejor conceptualización.

**Tabla 3. Conceptualización del término pliometría**

García Manso et al. (1996)	«Consiste en trabajar el músculo, primero en su fase excéntrica pasando enseguida a desarrollarse la fase concéntrica. Actúa lo que los fisiólogos denominan ciclo de estiramiento-acortamiento»
Verkhoshansky (2006)	«La capacidad específica de desarrollar un impulso elevado de fuerza inmediatamente después de un brusco estiramiento mecánico muscular»
Vittori (1990)	«La participación del ciclo estiramiento-acortamiento, de tal modo que es una manifestación reactiva de la fuerza»
Esper (2000)	«La combinación de una contracción excéntrica y una concéntrica constituye el estímulo más natural para el entrenamiento, dado que tiene en cuenta la naturaleza balística del movimiento humano»
Lyakh et al. (2009)	«La utilización de la energía cinética de un cuerpo, acumulada en su caída desde una altura determinada, para activar las contracciones musculares»

Es decir, es la capacidad de pasar rápidamente del trabajo muscular excéntrico al concéntrico en condiciones de esfuerzo dinámico máximo. Tras estas definiciones, podríamos decir que los ejercicios pliométricos tienen por finalidad mejorar la

capacidad del deportista, así como de amortiguar y coordinar el entrenamiento de la velocidad y la fuerza. Es la culminación de un proceso de entrenamiento de las cualidades de coordinación, fuerza y velocidad que permitirán que un atleta pueda: cambiar mejor la dirección; acelerar más eficientemente; ser más explosivo en los movimientos balísticos; ser más veloz en términos generales.

## 6.2.- Evolución histórica

El profesor Rodolfo Margaria, durante la década de los 60, realizó en Milán investigaciones fisiológicas y biomecánicas de este «nuevo» tipo de movimiento, considerando al conjunto del grupo muscular como un todo. Se jerarquizó la importancia de la contracción isotónica del músculo preestirado llegando a expresar a dicho autor lo siguiente: «...en casi todo tipo de ejercicio muscular la contracción pura isotónica o isométrica es una excepción». Fue el primero en hablar de la relevancia del denominado ciclo estiramiento-acortamiento (CEA). Este investigador y médico demostró que una contracción concéntrica precedida de una excéntrica podía generar mayores niveles de fuerza que una contracción concéntrica aislada.

Paralelamente, Vladimir M. Zatsiorsky utilizó en 1966 por primera vez el vocablo «pliométrico» (Zanon, 1989). El autor buscaba con este término expresar el alto grado de tensión que producía un grupo muscular en la sucesiva y veloz secuencia de tensión «excéntrica-concéntrica». Utilizó el trabajo desarrollado por Margaria como base para crear un programa de entrenamiento que potenciase el aprovechamiento del reflejo de estiramiento (reflejo miotático) en las acciones de tipo explosivo. Tanto los trabajos del profesor Margaria como los del entrenador soviético Zatsiorsky fueron utilizados por la NASA para desarrollar la manera más eficaz de caminar en la luna (Zanon, 1989).

Otro entrenador soviético, Yuri Verkhoshanski, es para muchos el padre de la pliometría aplicada al deporte. En 1967 realizó experimentos con diferentes tipos de saltos pliométricos buscando obtener mayores rendimientos en la fuerza explosiva. Empezó a interesarse en la mejor manera de aprovechar la energía elástica acumulada en un músculo tras su estiramiento. Observando la técnica de los atletas de triple salto,

Verkhoshansky se dio cuenta de que los mejores resultados correspondían a aquellos triplistas que menos tiempo permanecían en contacto con el suelo en cada uno de los apoyos. Para emplear poco tiempo en cada apoyo es necesario tener una gran fuerza excéntrica en los músculos implicados, ya que esto permitirá cambiar rápidamente de régimen excéntrico a régimen concéntrico, y así acelerar de nuevo el cuerpo en la dirección requerida.

Los inesperados éxitos del velocista Valery Borzov durante las Olimpiadas de Munich 1972, hicieron que los entrenadores estadounidenses empezaran a interesarse por los novedosos regímenes de entrenamiento pliométrico de la Europa del Este. Así, Fred Wilt, primer autor estadounidense en hablar de las excelencias del método pliométrico, sugirió que las sorprendentes victorias de Borzov eran debidas en gran parte a su rutina pliométrica de entrenamiento.

En la década del 70 y el 80 diferentes científicos, especialmente en Finlandia, Italia, EEUU y la Unión Soviética, demostraron los beneficios que producían los entrenamientos que utilizaban ejercicios con efectos pliométricos. Fueron decisivos los estudios y trabajos de Zanon, Bosco, Cavagna, Komi, Verhoshanski, Chu y otros que permitieron aplicar los principios biofísicos a la metodología concreta del entrenamiento (García López et al. 2003). A partir de entonces se generalizó su uso en diferentes deportes donde era necesario poseer buenos niveles de salto (voleibol, baloncesto, balonmano, saltos atléticos, etc.) y en otras disciplinas como complemento y culminación de la fuerza explosiva (béisbol, fútbol, golf, esquí náutico y alpino, etc.).

### **6.3.- Fundamentos y aspectos fisiológicos**

Para poder desarrollar la pliometría del modo más eficiente, a continuación se desarrollan sus principales fundamentos: (Mazzeo E. y Mazzeo E. 2009)

- Un músculo se contraerá más fuerte y rápido a partir de un pre-estiramiento.
- El pre-estiramiento se producirá en la fase de amortiguación.

- La fase de amortiguación debe ser lo más corta posible.
- La contracción concéntrica (acortamiento) se debe producir inmediatamente después del final de pre-estiramiento (amortiguación).
- La fase de transición, desde el pre-estiramiento, debe ser suave, continua y lo más corta (rápida) posible.

En cuanto a los aspectos fisiológicos de la pliometría, se trata de una estructura altamente especializada. Según Küchler (1983), cuando los músculos se contraen en forma muy vigorosa y rápida, se pone en marcha un mecanismo suplementario de fuerza y en estas condiciones se produce una sincronización de las unidades motoras activadas. A partir de aquí se involucran los distintos tipos de fibras musculares, teniendo en cuenta que si el umbral de intensidad es bajo sólo se activarán las fibras de contracción lenta (Brzycki, 1998).

En los movimientos balísticos (concéntricos), además del ciclo excitación-contracción, el desplazamiento se acelera cuando existe una activación repetida con intervalos que van de los 4 a 15 milisegundos, lo que se debería a una liberación más rápida del Ca intracelular. (Guyton y Hall, 2001)

Otro rasgo importante en cuanto a las adaptaciones, es que este tipo de entrenamientos, a nivel del Sistema Nervioso Central, facilita la formación de cadenas sinápticas en los niveles superiores e inferiores del mismo (Guyton y Hall, 2001) y en consecuencia, sus efectos serán diferentes según se utilicen movimientos lentos o rápidos.

El aumento de la eficacia mecánica de la contracción concéntrica precedida de una elongación muscular radica en la utilización de una energía elástica acumulada, al lograr un determinado grado de elongación, y en la información aferente suministrada por el huso neuromuscular. Todo desencadena el reflejo de estiramiento o reflejo miotático de Sherrington (1905) que potencia la contracción muscular siguiente e incrementa el número de unidades motoras.

#### **6.4.- Consideraciones a tener en cuenta para la realización de la pliometría**

Como una de las principales características a tener en cuenta en los ejercicios pliométricos es que se trata de un tipo de trabajo muy exigente. Involucran decididamente y con un gran protagonismo a articulaciones, tendones y músculos. La columna vertebral es el mecanismo que da estabilidad y soporte a las acciones de fuerza, además de absorber el «shock» de los saltos y movimientos explosivos.

Asímismo (Bompa, 2009), para tener éxito en un plan de entrenamiento con ejercicios pliométricos, entre otras cosas, se debe tener especialmente en cuenta:

- La edad de los deportistas.
- La envergadura y el desarrollo físico de los atletas.
- La energía utilizada.
- Las lesiones y las secuelas de las mismas, especialmente en rodillas y tobillos.
- La adecuada preparación previa.
- Los requerimientos de rendimiento de la especialidad deportiva.
- La faz de entrenamiento en la periodización anual.
- El absoluto respeto del principio de la progresividad.

En cuanto a los ángulos óptimos de la rodilla para el entrenamiento de la pliometría, a continuación se detallan algunos de ellos según el objetivo que se pretenda trabajar: 60° para trabajo muy duro; 90° para una gran eficacia muscular; 130°-150° para un máximo número de puentes actina-miosina (Cometti, 2007).

#### **6.5.- Efectos benéficos y ventajas**

Los entrenamientos orientados a la mejora de la fuerza reactiva son muy eficaces para mejorar la velocidad de numerosas acciones técnicas en diferentes modalidades

deportivas, especialmente en aquellas que impliquen acciones tales como saltos, lanzamientos, etc. (Ramírez y Cancela, 2001).

Esencialmente, el efecto de este régimen de contracción (Cometti, 2001) está en la mejora de los factores nerviosos, produciendo mejoras en la fase reactiva sin que aparezcan beneficios significativos en la fuerza máxima. La fuerza que se desarrolla es superior a la máxima concéntrica y en ello reside el interés, desde el punto de vista de la periodización, que permitirá obtener los mejores beneficios en combinación con otros tipos de entrenamientos basados en contracciones estáticas o dinámicas.

García-Manso (1999) afirma que este tipo de contracción permite:

- 1.- Desarrollar tensiones superiores a la fuerza máxima voluntaria.
- 2.- Disminuir el umbral de estimulación del reflejo de estiramiento (miotático).
- 3.- Disminuir la acción inhibitoria del «contra-reflejo» de estiramiento (aparato tendinoso de Golgi).
- 4.- Aumentar la rigidez muscular.
- 5.- Mejorar las co-contracciones de los músculos sinergistas.
- 6.- Incrementar la inhibición de los músculos antagonistas.

Platonov (2001), recomienda que este tipo de entrenamiento se lleve a cabo con deportistas con una buena preparación física de base, que cuenten con buenos niveles de fuerza máxima y fuerza-velocidad, una buena movilidad articular y coordinación.

Las ventajas del método pliométrico (Weineck, 1999) son las siguientes:

- La mejora de la coordinación intramuscular.
- La ganancia de fuerza en función de alta intensidad de cargas, pero sin aumento de la masa muscular o aumento de peso.
- Método de relevancia en todas las modalidades deportivas en las cuales la fuerza explosiva tenga un papel importante, como en este caso los saltos.

El entrenamiento de fuerza pliométrica representa un método de entrenamiento que lleva un considerable aumento de la fuerza en deportistas ya muy bien entrenados

en la fuerza rápida. En este método, el CEA es importante para el desempeño en diversas modalidades deportivas y puede ser mejorado a través de muchos ejercicios. A su vez permite ser adaptado a cualquier nivel de entrenamiento o edad a través del aumento gradual de los estímulos con una pliometría pequeña, mediana o grande.

### **6.6.- Inconvenientes de su uso**

Por otro lado (Verkoshansky, 1999) se puede decir que no es aconsejable utilizar este método cuando el deportista:

- No está completamente restablecido de lesiones en los músculos, las articulaciones, los ligamentos o los tendones.
- Se ha cansado con la carga anterior.
- Presenta un estado crónico de sobreentrenamiento.
- Padece pies planos congénitos. Esta contraindicación afecta principalmente a los saltos hacia abajo.
- En las primeras etapas de preparación combinada, en la que el joven puede alternar una amplia gama de métodos y medios de entrenamiento.
- En la etapa inicial del entrenamiento anual, cuando el organismo no está preparado para una sobrecarga mecánica intensa y necesita una potenciación programada.
- En la etapa de perfeccionamiento profundo de la técnica del ejercicio de competición, sobre todo cuando ésta se centra en la modificación de elementos o detalles de coordinación.
- En la etapa de preparación de la velocidad, en la que se requiere un elevado nivel de capacidad específica de trabajo del sistema neuromuscular.
- En vísperas de una competición.
- Cuando se carece de una técnica racional de ejecución de los ejercicios.
- Ante un insuficiente nivel de preparación física.
- En los entrenamientos que tienen lugar por la tarde y antes de acostarse.

Existe la necesidad de evaluar una técnica segura para el impacto producido en las articulaciones, dado que en el agua el impacto se reduce y probablemente tengamos mejores resultados.

## **7.- EFECTOS EN EL ORGANISMO TRAS EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA.**

Según Zimmermann (2004), en condiciones normales, un sujeto entre el segundo y tercer decenio de su vida pierde un tercio en su capacidad de rendimiento muscular. La importancia del sistema muscular está en las funciones que desempeña en el organismo y, según este autor, se sintetizan en tres:

1.- La musculatura supone un 40% aproximadamente del peso corporal del ser humano y su función es la de sostén y ejecutora del movimiento.

2.- En reposo consume una cuarta o quinta parte aproximadamente del volumen de sangre en circulación y realiza hasta el 40% de todo el metabolismo. En condiciones de esfuerzo, consume el 80% del volumen de sangre en circulación y efectúa todo el metabolismo. Como bomba muscular, la musculatura del pie y la pantorrilla favorece el retorno venoso, descargando al corazón y posibilita la circulación.

3.- Aproximadamente el 60% del sistema nervioso central, controla directa o indirectamente las funciones involuntarias de la musculatura. No hay ninguna función del organismo que se realice de un modo totalmente independientemente de ella.

Salinas, *et al.* (2007), afirman que el entrenamiento de fuerza tiene un efecto muy positivo, sobre todo en poblaciones de personas mayores aportando mayor independencia funcional y mejorando su calidad de vida. Los resultados procedentes de las investigaciones llevadas a cabo con personas mayores, tras aplicar un programa de entrenamiento de fuerza controlado son muy variados, aunque en todos ellos se observan mejoras significativas. Es el entrenamiento de fuerza-resistencia el que mayores beneficios aporta a nivel de la salud y afirman, que hoy en día no se pueden

plantear las dudas surgidas en los años noventa donde se pensaba que este tipo de trabajo, podía provocar alteraciones negativas en el sistema muscular y osteoarticular.

### **7.1.- Metabólicos y cardiovasculares**

A pesar de que hace unos años, el entrenamiento de fuerza no estaba recomendado por la medicina deportiva, (Boeckh-Behrens y Buskies, 2005), actualmente se le reconocen diferentes efectos positivos sobre el organismo a nivel cardiovascular:

1.- Aumento del colesterol HDL y disminución del LDL: se facilita el metabolismo lipídico, empleando cargas de un 30-60% con muchas repeticiones (Kinderman en Boeckh-Behrens y Buskies, 2005).

2.- Mejora la tolerancia a la glucosa: citan a Kinderman 1977, Garbe 1987, Craig et al. 1989, como investigadores que demostraron que a través del entrenamiento de fuerza, es posible disminuir la necesidad de insulina así como favorecer la sensibilidad a la misma. De este modo, se consigue mejorar el cuadro patológico diabético.

### **7.2.- Efectos sobre la tensión arterial.**

La elevación de la tensión arterial sobre los vasos será mayor cuanto más difíciles sean las condiciones del esfuerzo. Dichas condiciones estarán reguladas por el volumen, intensidad, la duración de la fase de contracción estática, de la masa muscular implicada y de la respiración en apnea. También hay otros factores que pueden incidir como son la edad, peso, porcentaje de grasa corporal y factores de tipo psicológicos.

Según Boeckh-Behrens y Buskies, (2005), dicha elevación de la tensión durante el entrenamiento de fuerza está limitada temporalmente y alcanza los niveles máximos cuando se trabaja entre el 70-95% de la fuerza máxima. No tiene consecuencias negativas sobre individuos sanos, a pesar de que tras la ejecución de los ejercicios, puedan notarse pequeños mareos debido a la bajada de la tensión arterial a sus parámetros normales.

En personas con problemas de hipertensión y cardiovasculares, se deben evitar cargas máximas o submáximas debido a los picos que tensión que generan.

Aquellos individuos con problemas tales como enfermedades coronarias o de insuficiencia cardíaca, deben seguir la misma recomendación ya que un fuerte incremento de la frecuencia cardíaca o de la tensión arterial, supone una demanda de oxígeno por parte del miocardio lo cual, debido a sus propias patologías, puede conducir a un episodio de trastornos del ritmo cardíaco, anginas de pecho o incluso un ataque cardíaco (Roost, citado en Boeckh-Behrens y Buskies, 2005).

Weineck 2005, recomienda para este tipo de patologías la realización de un entrenamiento de fuerza basado fundamentalmente en métodos dinámicos y recomienda el de tipo negativo (excéntrico), por ser muy económico desde el punto de vista cardiovascular. Llama la atención del uso de la respiración forzada durante el entrenamiento en pacientes con patologías coronarias, ya que provoca las siguientes circunstancias de tipo fisiológicas:

1.- La respiración forzada produce un aumento de la respiración intratorácica, la cual dificulta el retorno venoso.

2.- Disminución del volumen minuto y volumen sistólico.

3.- La reducción de los volúmenes cardíacos, puede producir un efecto isquémico en el cerebro, con episodios de colapso cardíaco.

En sujetos sin patologías de este tipo, la respiración forzada no produce los efectos secundarios mencionados, mientras que en pacientes de riesgo cardiovascular o con esclerosis, este tipo de entrenamiento sin una adecuada comprobación y control de la respiración, está contraindicado (Weineck, 2005).

### **7.3.- Efectos sobre el sistema osteoarticular.**

La práctica moderada y continua de actividad física, ejerce una influencia positiva sobre la pérdida de densidad ósea que se acentúa en los hombres a partir de los

50 años, y en las mujeres desde el inicio de la menopausia (Kemmler et al., 2007). Cita el autor, a Smith 1982, y Pesch 1990, como investigadores que han constatado suficientemente estos hechos y afirma que un entrenamiento destinado al mantenimiento de la musculatura, sería lo más conveniente ya que aproximadamente, el 70% de los accidentes que tienen lugar en edades avanzadas, se deben a problemas en el desplazamiento, unida a una pérdida de las capacidades coordinativas (Kemmler et al., 2007). Por ello, el entrenamiento muscular, que influye positivamente sobre cada uno de los componentes del aparato locomotor, estará muy recomendado en estas edades.

## 8.- EL SOBREENENTRENAMIENTO

El síndrome de sobreentrenamiento (Cohen, 1998), es «una respuesta psicobiológica compleja a una sobresolicitación continuada, que puede responder a la acción combinada o no de múltiples estresores relacionados no solo con las cargas de entrenamiento, sino con la competición y el ámbito de vida del deportista». El organismo no es capaz de adaptarse al entrenamiento debido a la pérdida de la energía de adaptación, como consecuencia de la aplicación de las cargas. Es entonces cuando empiezan a aparecer los primeros signos de sobreentrenamiento (Viru, 2003).

Es muy difícil establecer unos marcadores capaces de predecir dicho síndrome ya que muchos de ellos, también se presentan en el entrenamiento regular, lo cual dificulta su diagnóstico (Wilmore y Costill, 2004). Estos autores, argumentan que dicho síndrome es consecuencia de los cambios que se producen en el sistema nervioso autónomo, respuestas endocrinas alteradas, y supresión del sistema inmunológico. Entienden que la alteración de la frecuencia cardíaca, la cual registra electrocardiogramas anormales, produciéndose una inversión de las ondas «T», así como un incremento de la respuesta cardíaca y del lactato ante un ritmo fijo de esfuerzo, es el único parámetro un tanto fiable para diagnosticar el síndrome de sobreentrenamiento.

Fry, en Jiménez (2005), establece los siguientes marcadores que pueden indicar un estado de sobreentrenamiento aeróbico o anaeróbico:

### 1.- Indicadores de sobreentrenamiento anaeróbico:

- Reducción del deseo de entrenar.
- La epinefrina y norepinefrina aguda aumentan por encima de lo inducido habitualmente por el ejercicio.
- Disminución del rendimiento (ocurre demasiado tarde para considerarse un indicador).

## 2.- Indicadores de sobreentrenamiento aeróbico:

- Disminución del rendimiento.
- Disminución del porcentaje de grasa corporal.
- Disminución del consumo máximo de oxígeno.
- Alteración de la presión sanguínea.
- Aumento del dolor muscular.
- Disminución del glucógeno muscular.
- Alteración de la frecuencia cardíaca de reposo y submáxima.
- Aumento del lactato y de la enzima CK.
- Aumento de la concentración de cortisol.
- Disminución de la concentración de testosterona.
- Disminución del tono simpático (disminución de las catecolaminas en reposo y nocturnas).
- Incremento de la respuesta simpática al estrés.

García (2001), afirma que los síntomas que tiene un deportista cuando alcanza un estado de sobreentrenamiento son: bajo rendimiento, depresiones (pérdida de interés, conducta competitiva, pérdida de libido), pérdida de peso y apetito, alta ansiedad e irritabilidad, fatiga, perturbaciones del sueño, dificultad para conciliarlo, pesadillas, despertarse durante la noche, y levantarse cansado, infecciones menores frecuentes, sobre todo, del tracto respiratorio superior, frecuencia cardíaca en reposo elevada y sudoración excesiva.

Las respuestas al estrés de entrenamiento y de la competición, pueden incluso ser más tardías y dar lugar a un estado de «Burnout» o de fatiga crónica (García, 2001).

Wilmore y Costill (2004), aconsejan para evitar el síndrome de sobreentrenamiento, la realización de un entrenamiento de tipo cíclico en el que se

alternen las cargas ligeras, medias e intensas; si estamos refiriéndonos a deportes de alto componente aeróbico, hay que asegurarse una adecuada ingesta de hidratos de carbono para favorecer la recuperación. En el caso de estar bajo dicho síndrome, hay que reducir drásticamente la intensidad del entrenamiento o bien hacer reposo absoluto.

## Referencias bibliográficas

Boeckh-Behrens, W.U. y Buskies, W. (2009). *Fitness-Gesundheits-Training: Die besten Übungen und Programme für das ganze Leben*. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt Tb.

Bompa T., Haff G. (2009). *Periodization: theory and methodology of training*. Human Kinetics, Champaign

Bompa, T. (2009). *Periodización del entrenamiento deportivo (programas para obtener el máximo rendimiento en 35 deportes)*. Barcelona: Paidotribo.

Brzycki, M.M. (1998). Fiber types and repetition ranges. *Wrestling USA*. 3 (10): 9-10, 12.

Campos, J., Cervera, V.R. (2001). *Teoría y planificación del entrenamiento deportivo*. (2ª Edición). Barcelona, España: Paidotribo.

Chulvi, I., Heredia, E., Pomar, R. y Ramón, M. (2007). Evaluación de la fuerza para la salud: reflexiones para su aplicación en programas de acondicionamiento físico saludable. *PubliCE Standard*. Pid: 778.

Cohen, R. (1998). «El síndrome de sobreentrenamiento», en *efdeportes* [En línea] Buenos Aires, octubre de 1998. Año 3, nº 11. Disponible en web: <<http://www.efdeportes.com/efd11a/rcohen.htm>>. (Consulta realizada el 18 de noviembre de 2014).

Cometti, G. (2001). *Los métodos modernos de musculación*. (3ª edición). Barcelona: Paidotribo.

Cometti, G. (2007). *Manual de pliometría*. Barcelona: Paidotribo.

Esper, P.A. (2000). «El entrenamiento de la capacidad de salto en las divisiones formativas de baloncesto». [En línea] Buenos Aires, agosto de 2000. Año 5, nº 24. Disponible en web: <<http://www.efdeportes.com/efd24b/pliom.htm>>. (Consulta realizada el 25 de noviembre de 2014).

Forteza, A. (2001). «La Bioadaptación, ley básica del entrenamiento deportivo». [En línea] Buenos Aires, febrero de 2001. Año 6, nº 30. Disponible en web: <<http://www.efdeportes.com/efd30/leybas.htm>>. (Consulta realizada el 18 de noviembre de 2014).

García López, D.; Herrero Alonso, J.A. y De Paz Fernández, J.A. (2003). Metodología de entrenamiento pliométrico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. Vol. 3 (12) pp. 190-204

García Manso, J.M.; Valdivielso, M.N.; Caballero, J.A.R. (1996). Bases teóricas del entrenamiento deportivo, principios y aplicaciones. Madrid; Gymnos.

García, F. (2001). «Las emociones como consecuencia de las cargas de entrenamiento». [En línea] Buenos Aires, octubre de 2001. Año 7, nº 41. Disponible en web: <<http://www.efdeportes.com/efd41/emocion1.htm>>. (Consulta realizada el 18 de noviembre de 2014).

Guyton A. C., Hall J. E. (2001). *Tratado de Fisiología Médica*. Editorial Interamericana McGraw-Hill, Nueva York.

González-Badillo, J., & Marques, M. C. (2010). Relationship between kinematic factors and countermovement jump height in trained track and field athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*; 24(12), 3443-3447.

Izquierdo, M., Gonzalez-Badillo, J.J., Hakkinen, K., Ibáñez, J., Kraemer, W.J., Altadill, A., Eslava, J., Gorostiaga, E.M. (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*; 27: 718–724.

Jiménez, A. (2005). *Personal training. Entrenamiento Personal. Bases, fundamentos y aplicaciones*. Zaragoza: INDE.

Kemmler W., Engelke K., Stengel S., Weineck J., Lauber D., Kalender WA. (2007). Long-term four-year exercise has a positive effect on menopausal risk factors: the Erlangen Fitness Osteoporosis Prevention Study. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. Feb;21(1):232-9.

Kilgore J.L., Musch T.I. y Ross C.R. (1998). Physical activity, muscle, and the HSP70 response. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 23(3):245-60.

Knuttgen y Kraemer, W. J. (2003). Strength Training Basics Designing Workouts to Meet. Patients'Goals. *The Physician and Sportsmedicine*. 31, 39.

Küchler, G. (1983): Motorik: Steuerung der Muskeltätigkeit und begleitende Anpassungsprozesse, Bausteine der modernen Physiologie. Volumen 8, Fischer Verlag, Stuttgart.

Lyakh V., Mikołajec K., Bujas, P. y Litkowycz, R. (2014). Review of Platonov's "Sports Training Periodization. General Theory and its Practical Application" – Kiev: Olympic Literature, 2013. *Journal of Human Kinetics*. Volume 44, Issue 1, Pages 259-263.

Matveev, L. (1992). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Moscú: Ráduga.

Platonov, V.N. (2001). *Teoría General del Entrenamiento Deportivo Olímpico*. Barcelona: Paidotribo.

Mazzeo E., Mazzeo E. (2009) *Atletismo para todos*. Buenos Aires: Stadium.

Ramírez, E., Cancela, J.M. (2001). «Aspectos metodológicos a tener en cuenta en el entrenamiento de la fuerza en natación». [En línea] Buenos Aires, agosto de 2001. Año 7, nº 39. Disponible en web: <<http://www.efdeportes.com/efd39/fzanat1.htm>>. (Consulta realizada el 18 de noviembre de 2014).

Real Academia Española (2001). *Diccionario de la lengua española*. Madrid. Anaya.

Rubio, I. (2002). Los principios del entrenamiento aplicados al fútbol. *Revista Digital Rendimiento Deportivo*, 3.

Salinas F., Cocca A., Ocaña F.J. y Viciano J. (2007). «Efectos del entrenamiento de fuerza sobre el estado de salud de las personas mayores». [En línea] Buenos Aires, noviembre de 2007. Año 12, nº 114. Disponible en web: <<http://www.efdeportes.com/efd114/el-estado-de-salud-de-las-personas-mayores.htm>>. (Consulta realizada el 18 de noviembre de 2014).

Sánchez-Medina L., González-Badillo JJ. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*; 43(9):1725-34.

Selye, H. (1955). *The stress concept*. *Journal of Chronic Diseases*. 2(5):583-592.

Siff, M., y Verkhoshansky, Y. (2004). *Súper entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.

Tous, J. (1999). *Nuevas Tendencias en Fuerza y Musculación*. Barcelona, España: Ergo.

Verkhoshansky, Y. (2006). *Todo sobre el método pliométrico*. 2ª Edición. Barcelona: Paidotribo.

Verkhoshansky, Y. (2000). *Superentrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.

Viru, A., Viru, M. (2003). *Análisis y Control del Rendimiento Deportivo*. Barcelona, España: Paidotribo.

Vittori, C. (1990). L'allenamento della forza nello sprint. Strength training in sprinting. *Atleticastudi*, 21(1): 3-25.

Wilmore, J.H., Costill, D.L. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. (5ª Edición). Barcelona, España: Paidotribo.

Wilt, F. (1978). Plyometrics: what it is and how it works. *Modern Athlete and Coach*, 16: 9-2.

Zanon, S. (1989). Plyometrics: past and present. *New Studies In Athletics*, 4: 7-17.

Zatsiorsky, V.M. y Kraemer, W.J. (2006). *Science and Practice of Strength Training* (2nd Ed). Champaign, IL: Human Kinetics.

Zimmermann, K. (2004). *Entrenamiento muscular*. Barcelona, España: Paidotribo.



## CAPÍTULO II

# JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS



## JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El fin último de todo atleta o entrenador es la mejora del rendimiento físico. En este sentido la aplicación de principios científicos para mejorar el rendimiento ha recibido una atención creciente en las últimas décadas. Factores como el incremento del conocimiento de los tipos de fibras musculares, la bioquímica muscular, la respuesta neuromuscular y los efectos de varias formas de entrenamiento del músculo, han permitido a los entrenadores una mejor preparación del atleta moderno.

Las investigaciones que abarcan esta Tesis Doctoral abarcan principalmente los contenidos de pliometría y salto, tomando como referencia los estudios realizados por Martel *et al.* (2004) sobre «*Entrenamiento pliométrico en agua para incrementar el salto vertical en jugadoras de voleibol*», así como el de John D. Stemm y Bert H. Jacobson (2007) en el artículo «*Comparación del salto vertical pliométrico en agua y seco*» en los cuales no encontraron diferencias significativas en el EPA y el EP en seco.

Una vez analizada la bibliografía, se puede deducir que podría existir un modelo de entrenamiento pliométrico alternativo al tradicional y que pueden darse las condiciones necesarias para justificar la formulación de uno o varios problemas relevantes de investigación. Las consideraciones pertinentes podrían ser las que se indican a continuación:

- Escasa existencia de estudios precedentes relacionados con el EPA, lo que significa que aún pueden abordarse distintas relaciones entre su evolución y cargas de entrenamiento.
- Presencia de distintas líneas de investigación u opiniones y en ciertos casos contrarias acerca de los valores de la capacidad de salto tras un rendimiento específico de EPA.
- No hemos encontrado estudios en los que se analice la relación entre el grado de carga del EPA y su repercusión sobre diferentes saltos reactivos, además

de su efecto sobre el daño muscular, evaluado a través de una enzima sanguínea como la CK.

Teniendo en cuenta la información disponible, y expuesta en páginas anteriores, en relación con las características de la fuerza como una de nuestras capacidades físicas básicas, así como los factores determinantes de la misma y la pliometría o CEA como eje vertebrador de los estudios realizados, el cual será analizado con mayor detalle en la tesis doctoral, se proponen los siguientes objetivos e hipótesis:

1.- Determinar el efecto del entrenamiento pliométrico en un medio acuático para mejorar el rendimiento del salto vertical en la muestra seleccionada en un período de seis y diez semanas.

- Hipótesis:

*El entrenamiento pliométrico en inmersión mejora el rendimiento del salto.*

2.- Conocer las posibles diferencias entre EPA y EP.

- Hipótesis:

*El EPA podría ser un método de entrenamiento alternativo al EP.*

3.- Comprobar los óptimos desarrollos de períodos y cargas para el EPA y EP, poner en relación el número de saltos a partir del cual podría disminuir el rendimiento.

- Hipótesis:

*El período óptimo en el programa confeccionado para un EPA y EP se podría situar entre seis semanas con 700 saltos semanales y diez semanas con 1100 saltos semanales.*

4.- Describir los cambios y diferencias producidas en distintos saltos verticales a lo largo de dos períodos, 6 (SJ, CMJ) y 10 semanas (SJ, CMJ, DJ30/50, RJ10), para ambos entrenamientos pliométricos.

- Hipótesis:

*La especificidad del entrenamiento realizado y su contexto puede influir en los valores del tipo de salto a realizar (SJ, CMJ, DJ30/50, RJ10).*

5.- Evidenciar la reducción del daño muscular producido a través del análisis del componente sanguíneo de CK tras un entrenamiento pliométrico combinado con un medio acuático.

- Hipótesis:

*El daño muscular producido como consecuencia de un entrenamiento pliométrico puede reducirse al desarrollarse en un medio acuático.*

### **Referencias bibliográficas**

Martel, Gregory F.; Harmer, Matthew L.; Logan, Jennifer M. y Parker, Christopher B. (2005). Aquatic Plyometric Training Increases Vertical Jump in Female Volleyball Players. *Physical Fitness and Performance*. University of Maryland Eastern Shore.

Stemm J. D. y Jacobson B. H. (2007). *Comparison of Land- and Aquatic-Based Plyometric Training on Vertical Jump Performance*. *Journal Strength Conditioning Research*. 21 (2): 568-571.



## CAPÍTULO III

# METODOLOGÍA



## METODOLOGÍA

En este capítulo se describe las principales valoraciones, tecnologías y metodología que han sido utilizadas en todos los estudios. Sin embargo, la descripción más específica será ofrecida más adelante en la sección de métodos de cada estudio individual.

### 1.- SUJETOS

Se ha contado con una muestra formada por estudiantes de Educación Física de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga, siendo todos ellos hombres. Los sujetos estaban informados de los riesgos potenciales y posibles beneficios del estudio. Todos fueron entrevistados previamente para comprobar si tenían algún tipo de lesión que impidiese el normal transcurso de la prueba y en tal caso, descartar dicha muestra. Los participantes firmaron un formulario de consentimiento informado antes de iniciar los protocolos de las investigaciones. Todos los procedimientos cumplen con los requisitos que figuran en la Declaración de Helsinki de 1975 (y su modificación posterior en 2008) y están de acuerdo con las normas éticas de las revistas en las que se han publicado.

La filiación de los participantes es la siguiente:

**Tabla 4. Estadísticos descriptivos del estudio piloto con muestra (n=24) e de la investigación (n=65)**

	<i>Grupo</i>	<i>Media ± D.T.</i>
<b>EDAD (años)</b>	Estudio piloto	21,21 ± 2,72
	Investigación	21,18 ± 2,90
<b>TALLA (m)</b>	Estudio piloto	1,76 ± 0,04
	Investigación	1,77 ± 0,06
<b>PESO (kg)</b>	Estudio piloto	74,19 ± 7,75
	Investigación	75,91 ± 10,51

Las horas de sueño son muy importantes para que el atleta pueda conseguir su máximo rendimiento (Ingram L.A. *et al.* 2015), tratándose de un estado de reposo uniforme y que se caracteriza por: bajos niveles de actividad fisiológica; disminución de la frecuencia cardiaca, presión arterial, frecuencia respiratoria; una respuesta menos a

estímulos externos. En la tabla 5 se detallan el número de horas de entrenamiento y sueño realizadas durante la investigación.

**Tabla 5. Horas de entrenamiento (E) a la semana de la muestra y de sueño (S) al día (n= 65)**

	<i>Media ± D.T.</i>					
	<b>T1</b>		<b>T2</b>		<b>T3</b>	
	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>S</b>
<b>G.I. (horas)</b>	6,50 ± 3,68	7,25 ± 0,72	6,45 ± 3,69	7,55 ± 0,76	6,20 ± 3,29	7,25 ± 0,72
<b>G.S. (horas)</b>	4,45 ± 2,93	7,70 ± 0,80	4,95 ± 3,97	7,65 ± 0,49	3,60 ± 2,91	7,50 ± 0,61
<b>G.C. (horas)</b>	4,96 ± 3,79	7,24 ± 0,93	4,40 ± 3,74	7,24 ± 0,93	3,52 ± 3,86	7,12 ± 0,88
<b>TOTAL (horas)</b>	5,28 ± 3,56	7,38 ± 0,84	5,20 ± 3,84	7,46 ± 0,77	4,37 ± 3,58	7,28 ± 0,76

Si se entrena todos los días sin descanso no se producirá mucho progreso, ya que nuestro cuerpo necesita tiempo de recuperación y adaptación muscular. El resultado de los entrenamientos va estrechamente ligado a los descansos, debiéndose respetar y planificar las horas de descanso (Enoka y Duchateau, 2008).

Matveev (1992) establece como criterio el tipo de esfuerzo físico requerido por cada deporte. Su clasificación orienta acerca de qué tipo de condición física específica se solicita en cada deporte. La clasificación que se ha seguido es de gran aplicabilidad para la localización de los deportes individuales o de sus modalidades según la importancia que tiene el mecanismo de ejecución, donde estaría situado el nivel de condición física. De este modo se han establecido cinco grupos:

1. Deportes acíclicos: donde predomina la fuerza velocidad y los movimientos a intensidad máxima. Por ejemplo (trampolín, saltos de esquí, triple...), lanzamientos (de peso, disco...), halterofilia.
2. Deportes de combate. Se produce un enfrentamiento entre individuos: judo, fullcontact, kárate, etc.

3. Deportes complejos y pruebas múltiples. Se solicitan esfuerzos de muy diversa índole: gimnasia deportiva y rítmica.
4. Deportes de equipo. Se clasifican en dos grupos:
  - 1) De considerable intensidad pero con pausas, por ejemplo, el baloncesto.
  - 2) De considerable duración pero con pocas interrupciones, por ejemplo, el fútbol.
5. Deportes con predominio de resistencia. Se clasifican en dos grupos:
  - 1) Movimientos de intensidad submáxima: pruebas de medio fondo e inferiores en atletismo, en natación pruebas inferiores a 400 m.
  - 2) Movimientos de intensidad superior y media: más de 5000 en atletismo y más de 400 en natación.

A continuación, en la tabla 6, se detallan los deportes practicas por los participantes de la investigación según el movimiento de ejecución especificado anteriormente por Matveev (1992).

**Tabla 6. Descripción de las actividades físicas o deportivas realizadas habitualmente por los participantes de la muestra (n= 65)**

	<i>Acíclico</i>	<i>Combate</i>	<i>Complejo</i>	<i>Equipo</i>	<i>Ninguno</i>	<i>Resistencia</i>	<i>TOTAL</i>
<b>G.I.</b>	6	0	0	11	0	9	26
<b>G.S.</b>	6	0	1	14	4	11	36
<b>G.C.</b>	3	2	0	17	3	10	35
<b>TOTAL</b>	15	2	1	42	7	30	97

## 2.- DISEÑO

El tipo de diseño a elegir se encuentra condicionado por el problema a investigar, el contexto que rodea a la investigación, el tipo de estudio a efectuar y las hipótesis formuladas. Según Hernández, Fernández y Baptista (2000), este estudio se identifica con una investigación experimental de diseño longitudinal. Se realizan observaciones en dos o más momentos o puntos en el tiempo, en nuestro caso realizando a lo largo de cuatro test. La investigación no experimental posee un control

menos riguroso que la experimental y es más complicado inferir relaciones causales. Pero la investigación no experimental es más natural y cercana a la realidad cotidiana.

La investigación piloto realizó un periodo de entrenamiento de seis semanas con cuatro tests, siendo uno al principio, dos en el intermedio y un último al final del mismo.

Se ha decidido realizar la investigación en un periodo de diez semanas, prolongado de este modo cuatro semanas más respecto al anterior, para permitir la realización de todos los aspectos del estudio y permitiendo un mayor tiempo para las potenciales adaptaciones al entrenamiento. Durante la investigación se establecieron los siguientes tests:

- Un pretest, para evaluar el rendimiento antes de comenzar con los entrenamientos.
- Un test intermedio, a mitad del programa de entrenamientos, para conocer el desarrollo de los programas de entrenamiento.
- Un postest, que determinará los resultados obtenidos.

En los tres estudios se sometieron a un programa de entrenamiento de dos sesiones semanales en días no consecutivos y simultáneos para ambos grupos a lo largo de un total de veinte sesiones. El proceso experimental para los grupos de multisaltos consistió en realizar cien saltos por sesión, con un total de doscientos saltos la primera semana. Se aumentó cincuenta saltos más en cada semana hasta llegar a la décima. Se dejaba un periodo de descanso de un minuto por serie, realizando un total de diez series en cada día de entrenamiento. Como resultado de todo ello, se habrá completado dos mil setecientos saltos para el estudio piloto y seis mil quinientos saltos para los dos estudios posteriores al finalizar el programa.

**Tabla 7. Programación de los entrenamientos para 6 semanas (estudio piloto) y 10 semanas**

<b>Planificación semanal y saltos realizados en cada sesión</b>		
<b>2 Sesiones por semana</b>		
1ª semana	10 x 10 saltos por sesión = 100 saltos	Total 200 saltos
2ª semana	10 x 15 saltos por sesión = 150 saltos	Total 300 saltos
3ª semana	10 x 20 saltos por sesión = 200 saltos	Total 400 saltos
4ª semana	10 x 25 saltos por sesión = 250 saltos	Total 500 saltos
5ª semana	10 x 30 saltos por sesión = 300 saltos	Total 600 saltos
6ª semana	10 x 35 saltos por sesión = 350 saltos	Total 700 saltos
<b>TOTAL de 2700 saltos</b>		
7ª semana	10 x 40 saltos por sesión = 400 saltos	Total 800 saltos
8ª semana	10 x 45 saltos por sesión = 450 saltos	Total 900 saltos
9ª semana	10 x 50 saltos por sesión = 500 saltos	Total 1000 saltos
10ª semana	10 x 55 saltos por sesión = 550 saltos	Total 1100 saltos
<b>TOTAL: 6 500 saltos</b>		

### **3.- MATERIAL E INSTRUMENTAL**

En esta sección se pone de manifiesto en gran medida el rigor con el que se ha llevado a cabo el trabajo así como la fiabilidad de los resultados. A continuación se expondrán los elementos con los que se han contado y que han respaldado las conclusiones.

#### **3.1.- Instalaciones**

Respondiendo a las necesidades de la programación establecida anteriormente, el espacio y lugar en el que se han desarrollado tanto los entrenamientos como test son los siguientes:

### 3.1.1.- Piscinas cubiertas

Los entrenamientos del grupo de inmersión para el estudio piloto se llevaron a cabo en la piscina del polideportivo de FASS. Piscina que tiene una temperatura de 27° aproximadamente y una profundidad mixta, siendo la zona en la que realizaremos los entrenamientos de una profundidad de 1,40cm a 1,60cm.



(a)



(b)

**Figuras 6 y 7 respectivamente. Piscinas cubiertas: FASS (a) y UMA (b)**

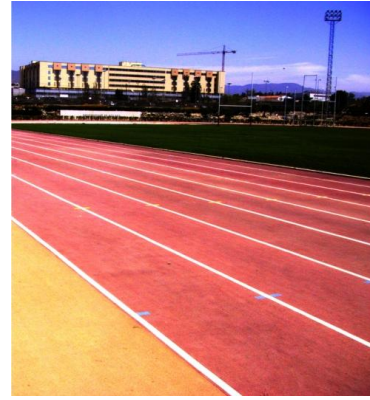
Mientras que en la UMA, en el complejo deportivo universitario, se realizaron las dos posteriores investigaciones presentadas. En la precitada instalación se contó con una piscina con el agua a temperatura constante de 27°C y una profundidad de 2,20m.

### 3.1.2.- Lateral de la pista de atletismo

Los entrenamientos del grupo de seco para todos los estudios presentados se realizaron en la pista de atletismo de la UMA. Los componentes de este grupo se situaron junto a la grada para que las distintas condiciones meteorológicas, viento o sol, no pudieran afectar a los entrenamientos.



(a)



(b)

**Figuras 8 y 9 respectivamente. Pista de atletismo de la UMA (a) y lateral para entrenar (b)**

### **3.1.3.- Gimnasio de la FASS**

Los saltos a través de la plataforma de Bosco en el estudio piloto se realizaron en el gimnasio de la FASS, habiendo destinado un espacio exclusivo donde poder desarrollar estos tests.

### **3.1.4.- Laboratorio de Escuela de Medicina de Educación Física y Deporte**

Las ejecuciones de los saltos, siguiendo las pautas de Bosco (1991), para la medición de la capacidad de salto se utilizó la plataforma de «Bosco Ergo-jump plus System» (Byomedic, S.C.P., Spain). Fueron realizados en el Laboratorio de la Escuela de Medicina de Educación Física y Deporte, punto de mediciones para la muestra de 65 participantes.



**Figura 10. Laboratorio ubicado en el Polideportivo de la UMA**

### **3.1.5.- Laboratorio de Motricidad Humana**

En el Laboratorio de la Motricidad Humana de la UMA se tomó la altura y se analizaron los datos de peso, porcentajes de grasa e índice de masa corporal, entre otros, obtenido a través de la bioimpedancia del TANITA (BC-418, Japan).



**Figura 11. Laboratorio ubicado en la Facultad de Ciencias de la Educación de la UMA**

### 3.1.6.- Unidad médica del Centro Andaluz de Medicina del Deporte-Málaga

En las instalaciones deportivas de Carranque, en el pabellón de la piscina cubierta, se encuentra la unidad médica en la que se realizó un análisis de sangre para detectar los niveles de CK a través del analizador «Reflotron plus».



Figura 12. Unidad médica ubicada en el Polideportivo de Carranque

### 3.2.- Materiales

Para responder a las necesidades surgidas durante la investigación se ha recurrido a los siguientes materiales que se describen a continuación:

#### 3.2.1.- Tallímetro

Se utilizó un únicamente durante el pretest, ya que la edad de los sujetos y el tiempo en el que transcurre la investigación, tanto en seis como diez semanas, no influye. La altura de los sujetos se tomó con un tallímetro de pared (Seca modelo 216, Alemania) con una precisión de 1mm y una altura máxima de 2,10 m.



Figura 13. Tallímetro con precisión 1 mm para registro de la talla

### 3.2.2.- Báscula

A pesar de contar con el bioimpedanciómetro «Tanita» para los estudios posteriores al piloto, el cual nos permite saber el peso entre los muchos datos obtenidos, también se ha utilizado una báscula para averiguar el peso de todos con ellos.



**Figura 14. Báscula para pesar a los participantes de la marca Seca (precisión 100gr)**

Tiene una sensibilidad mínima de 100 grs. y una fuerza máxima: 200 Kgrs. Los pies de goma antideslizante y su recubrimiento de caucho abotonado antideslizante hacen que el uso sea seguro. Se trata de una plataforma de baja altura para facilitar aún más el su acceso.

### **3.2.3.- Bioimpedanciómetros.**

En los estudios presentados a continuación se han utilizado un total de dos bioimpedanciómetros, los cuales se detallan a continuación:

#### **1) Omron BF 306.**

Realiza una medición del porcentaje de grasa del cuerpo, medición del índice de masa corporal (IMC). Tiene una memoria de datos para 9 personas lo que su uso hace que sea rápido y fiable. Su referencia de validación (Deurenberg P., Yap M., van Staveren W.A., 1998) se encuentra publicada en «International Journal of Obesity 1998; 22:1164-1171».



Figura 15. Bioimpedanciómetro, mide IMC y % de grasa corporal, Omron BF306.

En la siguiente tabla se especifican los porcentajes de grasa encuadrados en una categorización para valorar el perfil de los distintos participantes.

Tabla 8. Porcentajes de grasas de distintos sujetos

<i>El porcentaje de grasa ideal</i>		
<b>Clasificación</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
Delgado	< 8 %	< 15%
Óptimo	8-15 %	13-20 %
Ligero sobrepeso	16-20 %	21-25 %
Sobrepeso	21-24 %	25-32 %
Obeso	≥ 25 %	≥ 32 %

## 2) Tatina BC418

Analizador de composición corporal, montado sobre una columna de aluminio este instrumento dispone de ocho electrodos de acero inoxidable para realizar el análisis de la composición corporal. Cuatro electrodos posicionan los pies y otros cuatro son

sujetados por las manos. El tiempo total empleado por análisis es de 30 segundos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Grasa corporal total y localizada.
- Masa libre de grasa total y segmental.
- Agua corporal total.
- Masa muscular segmental, impedancia total y segmental.
- Peso total y segmental.

Mediante un cable de conexión serie hacia un ordenador, se almacenan los resultados para guardarlos en memoria y realizar sus respectivas gráficas. Su báscula digital soporta un máximo de 200kg y tiene una sensibilidad de 100g.



Figura 16. Bioimpedanciómetro, Tanita BC418

### 3.2.4.- Analizador de los componentes sanguíneos (Reflotron plus)

Es un aparato de diagnóstico in vitro diseñado para la determinación cuantitativa de parámetros de química clínica utilizando tiras reactivas. Funciona por medio del principio de fotometría de reflectancia y asegura resultados rápidos y confiables, a la vez que es fácil de usar.

Los resultados se muestran en la pantalla clara de cristal líquido y el perfil puede imprimirse por medio de la impresora integrada o bien se almacenan en la memoria interna hasta un total de sesenta datos. Gracias a la cámara de medición que ha sido rediseñada, su limpieza y operación son aún más fáciles, lo que reduce el tiempo de mantenimiento al mínimo.



**Figura 17. Analizador sanguíneo**

Proporciona resultados comparables a los resultados de un laboratorio central estándar en tan sólo dos a tres minutos por parámetro. Puede llegar a medir hasta diecisiete parámetros de química clínica a partir de sangre entera, suero o plasma.

Utilizado durante la investigación para medir los niveles de creatinquinasa. A partir de un volumen pequeño de muestra, también cubre indicaciones de atención primaria para resolver problemas de salud como diabetes, desórdenes de lípidos, enfermedades renales, infarto del miocardio, anemia, enfermedades hepáticas, pancreatitis, gota y desórdenes óseos.

### 3.2.5.- Plataforma de saltos (Ergo jump plus Bosco System)

Compuesta por una zona de contactos conectada a un microprocesador, capaz de evaluar a través de los diversos protocolos: fuerza explosiva, elasticidad muscular, índice de resistencia a la fuerza veloz, potencia y capacidad anaeróbica (aláctica y láctica), índice de fatiga muscular, relación fuerza-velocidad, grado de coordinación de los miembros superiores e inferiores y estimación del porcentaje de fibras rápidas de los músculos extensores de la rodilla.

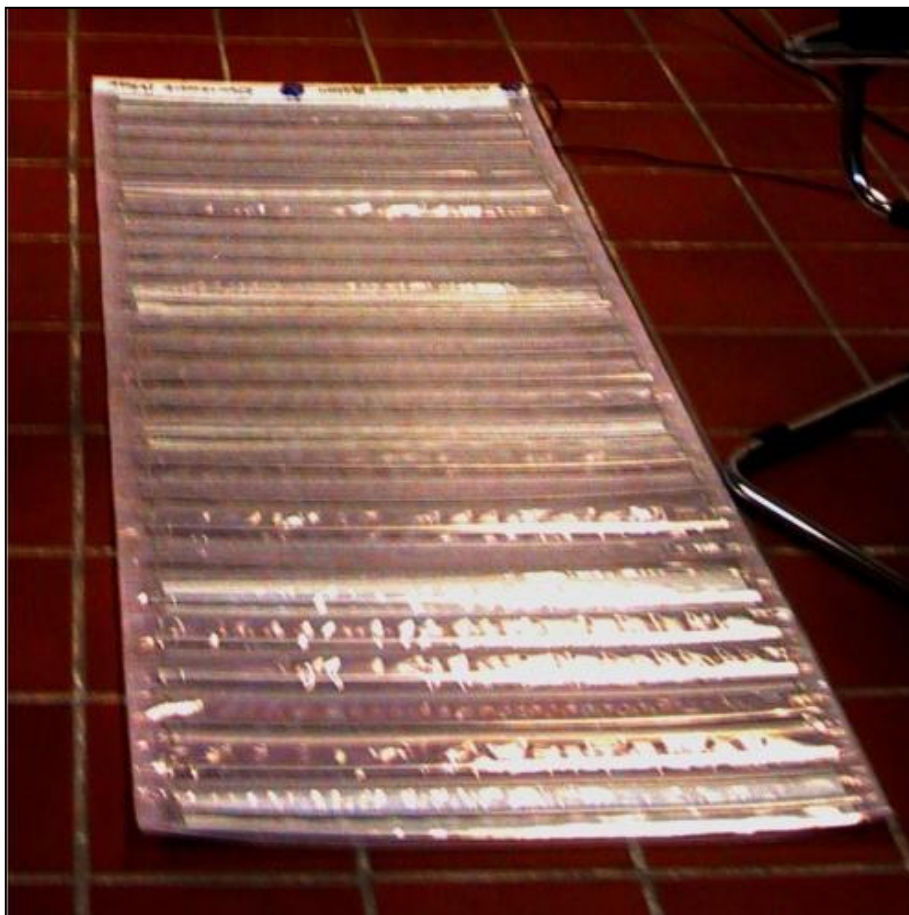


Figura 18. Ergojump-plus Bosco System

Dicho instrumental, fue concebido para la medición de saltos verticales con las extremidades inferiores determinando la capacidad de impulsión de los deportistas. Aguado *et al.* (1998) afirman que este aparato mide «el tiempo de vuelo empleado por los sujetos durante el salto, y por lo tanto la altura del centro de gravedad y el trabajo mecánico realizado».

Centeno *et al.* (2005), distinguen plataformas de tipo dinamométricas y de contacto. Las primeras, además de determinar la fuerza imprimida en la impulsión, detectan la participación de contramovimientos y del tronco en su extensión durante el gesto.

En nuestro caso, hablamos del segundo tipo la cual determina la altura del salto mediante las fórmulas de la caída de los cuerpos de Galileo. Asmussen y Bonde-Petersen, 1974 (citado en Centeno et al. 2005), la concretan en:

$$H=tv^2 \times 1,226$$

*H= altura*

*tv<sup>2</sup>=tiempo de vuelo al cuadrado*

El gesto que analizamos sería el de SJ, CMJ, RJ10, DJ30 Y DJ50. Midiendo el tiempo de vuelo y altura de vuelo desde que se inicia el despegue, hasta que se retoma el contacto.

En la ejecución del gesto podemos distinguir dos fases:

Fase 1 o de contacto:

Durante esta fase, asumimos la ley de conservación de la energía que afirma que al aplicar una fuerza, se produce un trabajo el cual, en este caso y previo al despegue, se transforma en energía cinética ( $E_c$ ) y ésta, en energía potencial ( $E_p$ ) durante el vuelo. Hasta que se produce la pérdida de contacto con el suelo, consideramos que la  $E_p=0$ . Indudablemente, al aplicarse una fuerza sobre un cuerpo y desplazarlo, habremos aplicado un trabajo ( $W$ ) que supone la generación de una energía de tipo cinética.

Asumimos pues, que hablamos de un sistema cerrado donde se mantiene constante la energía total.

Fase 2 o de despegue:

Como la plataforma nos proporciona el dato del tiempo de vuelo, podemos calcular la velocidad inicial en el momento del despegue ( $V_0$ ), que por el cálculo de la caída libre de los cuerpos de Galileo, podemos decir que:

$$-V_0 = +V_f$$

$V_f$  = velocidad final justo antes del aterrizaje

De éste modo y entendiendo que el ascenso el valor de la gravedad es negativo y en el descenso es positivo,  $V_f$  es igual al valor de  $V_0$  con sentido contrario:

$$V_f = V_0 - gxt$$

$$-V_0 = V_0 - gxt$$

$$-2V_0 = -gxt$$

$$V_0 = (gxt)/2$$

La relación de la fuerza con el tiempo y con la velocidad se hallará del siguiente modo:

#### 1. Relación de la fuerza con el tiempo:

El tiempo de vuelo es registrado desde el momento en que se despegamos hasta el contacto en el aterrizaje.

Cuando desplazamos un cuerpo una determinada distancia, se aplica una fuerza sobre él y de éste modo un trabajo mecánico, que Bäumlér y Scheneider (1989), definen como el «producto de la fuerza ejercida sobre un cuerpo o partícula de masa y la distancia recorrida bajo su influencia». Así:

$$W = F * \lambda_e$$

La energía es una reserva de trabajo es decir, es una capacidad potencial de trabajo de un cuerpo en función de su posición o en su nivel de movimiento.

La consecución de un trabajo, supone la generación de una energía, que podrá ser de tipo estática o potencial y energía cinética o del movimiento (Bäumler y Scheneider, 1989).

Como hemos comentado, durante la fase de contacto, asumimos que no existe  $E_p$ , pero sí  $E_c$ :

$$W = E_c$$

$$F \times \Delta e = \frac{1}{2} \times m \times V_o^2$$

$$F \times \Delta e = \frac{1}{2} \times m \times (g \times t/2)^2$$

$$F \times \Delta e = \frac{1}{2} \times m \times (g^2 \times t^2/4)$$

$$F \times \Delta e = (m \times g^2 \times t^2)/8$$

$$F = (m \times g^2 \times t^2) / (\Delta e \times 8)$$

$\Delta e$  = incremento de espacio,

Teniendo en cuenta que la gravedad, el incremento del espacio y el 8 se son constantes, llegamos a la conclusión final:

$$F = m \times k \times t^2$$

Donde k equivale a las constantes, considerando que éstas producirían unas variaciones despreciables.

De este modo se observa como «la aplicación de fuerza es proporcional a la masa del individuo por el tiempo al cuadrado. Por tanto a más tiempo, mayor aplicación de fuerza».

## 2. Relación de la fuerza con la velocidad

Como teniendo el tiempo de vuelo, conocemos  $V_o$ :

$$F \times \Delta e = \frac{1}{2} \times m \times V_o^2$$

$$F = (m \times V_o^2) / (2 \times \Delta e)$$

De este modo, a mayor velocidad de salida o despegue, mayor aplicación de fuerza. Así la altura conseguida depende directamente de la velocidad vertical de despegue.

### 3.2.6.- Banco sueco.

Para la ejecución del test DJ30 se utilizó un banco de madera, con 2m de largo y 30cm. de alto fue utilizado para los test de saltos.



Figura 19. Banco sueco con altura de 30 cm

### 3.2.7.- Banqueta.

Utilizada en el laboratorio para las mediciones antropométricas, se empleó esta banqueta de madera en forma cubo con una altura de 50 cm para la realización de los tests DJ50.



Figura 20. Banqueta de madera con altura de 50 cm

## 4.- PROCEDIMIENTO

Los entrenamientos y pruebas se llevaron a cabo en las instalaciones descritas anteriormente. El programa de EPA y EP se realizó dos veces por semana con una duración de seis semanas para el estudio piloto y un total de cuatro tests, mientras que en los estudios posteriores su duración fue de diez semanas y tres tests. A continuación se realiza una descripción detallada del proceso:

#### 4.1.- Calentamiento.

Con anterioridad a cada sesión de entrenamiento, tanto en EPA como en EP, los participantes realizaban un calentamiento. Consistente en un periodo de activación por medio de cinco minutos de movilidad articular, en él que aparecían los movimientos activos libres localizados en las cadenas cinéticas tanto superiores como inferiores y amplitud de movimiento, más cinco minutos de carrera continua lenta.



Figura 21. Calentamiento de carrera continua

#### 4.2.- Entrenamiento del salto vertical.

Mientras que el EPA se desarrollo en distintas piscinas cubiertas para el estudio piloto y los posteriores presentados, el EP se desarrollo siempre en la misma instalación. Como indumentaria para estos entrenamientos, se precisó un bañador de natación o en su defecto un bañador corto para que no pudiese crear bolsas de aire al saltar. El hecho de llevar uno excesivamente largo puede ralentizar la caída o provocar inestabilidad en la bajada del salto. A continuación se hace una breve descripción de cada uno de los entrenamientos:

##### 4.2.1.- EPA en el estudio piloto.

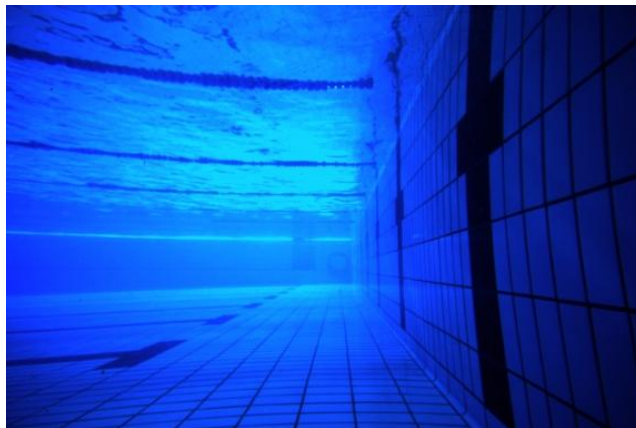
Entrenamientos realizados en la FASS. En función de la altura de cada sujeto, al tratarse de una piscina con una profundidad entre 140 cm y 160 cm, se fueron colocando

preferentemente los de menor altura en la parte de la piscina que tiene menos de profundidad. Aunque las diferencias son mínimas, se pretende que todos tengan la línea de la superficie del agua a la misma altura (aproximadamente por la cintura escapular).

La distancia entre cada uno, respecto al compañero situado delante, detrás y a los lados, es de un metro y medio. De esta forma se guarda un margen suficiente para que los saltos no se vean entorpecidos por algún tipo de contacto con los demás.

#### 4.2.2.- EPA en los posteriores estudios.

La piscina de la UMA, en la que se realizaron los entrenamientos en inmersión, cuenta con una profundidad de 2,20m a 1,85 m. Los participantes de menor altura se colocaron preferentemente en los extremos de la piscina, mientras que los de mayor altura se situaron en la zona central debido a su mayor profundidad.



**Figura 22. Perspectiva acuática de la piscina de la UMA desde el observatorio**

Cada sujeto se situó uno al lado del otro a lo largo de los 25 metros de la piscina, siendo la calle utilizada la más próxima al bordillo, pudiendo de este modo reposar en el escalón lateral durante los tiempos de descanso entre cada serie. La distancia entre cada uno, respecto al compañero situado a los lados, fue de un metro. De esta forma se guarda un margen suficiente para que los saltos no se vean entorpecidos por algún tipo de contacto con los demás.



(a)



(b)

**Figuras 23 y 24. Piscina de la UMA, distribución (a) y salto (b)**

#### 4.2.3.- EP en todos los estudios

Independientemente de la duración del programa de entrenamiento, seis o diez semanas, en el EP los participantes realizaron los saltos en un lateral de la recta principal de la pista de atletismo de la UMA. Se trata de los mismos que en inmersión, sólo que estos se hacían en una superficie lisa fuera del medio acuático. Para no tener problemas de espacio en el momento del salto, mantuvieron un margen de distancia entre cada uno de metro.

El entrenamiento pliométrico en seco consistió en llevar a cabo exactamente la misma cantidad de saltos y con la misma distribución de series, repeticiones, protocolo y descansos que los realizados en inmersión. Las características del programa de entrenamiento realizado puede observarse en la Tabla 7.

La indumentaria para estos entrenamientos era ropa y calzado deportivo lo más cómodos posibles y que no pudiesen hacer ningún tipo de rozaduras (sobre todo en el calzado).



**Figura 25. Lateral de la pista de atletismo**

### 4.3.- Estiramiento

Con el fin de elongar el tejido conjuntivo, muscular y tendones, así como facilitar la movilidad articular tras el entrenamiento, se han realizado una serie de estiramientos tanto en el grupo de EPA como en el grupo de EP.



Figura 26. Varios estiramientos realizados en la piscina tras el EPA

## **5.- PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA LA MEDICIÓN DE LOS TEST**

El efecto de los diferentes tipos de entrenamiento fue evaluado a través del cambio en el salto vertical, antes (pretest) y después (postest) de las 6 ó 10 semanas de entrenamiento, según si se trataba o no del estudio piloto. También se realizaron mediciones intermedias, dos en el estudio piloto: cada dos semanas; y una en los estudios posteriores al finalizar la quinta semana de entrenamiento.

La preparación para todas las pruebas de salto fue la misma: todos los sujetos recibieron información escrita de cómo realizar los tests y antes de realizar cada una de las pruebas, se les demostró de un modo práctico y visual cual era la ejecución correcta y realizaron dos sesiones de familiarización.

### **5.1.- Medidas básicas**

Como primera toma de contacto de los participantes en la investigación, además de establecer ciertos parámetros a tener en cuenta, se llevaron a cabo las siguientes mediciones.

#### **5.1.1.- Estatura en bipedestación**

Se ha medido la distancia que existe entre el vértex y el plano de sustentación. El sujeto se colocó de pie, completamente estirado, con los talones juntos y apoyados en el tope posterior y de forma que el borde interno de los pies formen un ángulo de aproximadamente 60 grados. Las nalgas y la parte alta de la espalda contactan con la tabla vertical del estadiómetro.

El sujeto colocó la cabeza en el plano de Frankfort y realizó una tracción de la cabeza a nivel de los procesos mastoides, para facilitar la extensión completa de la columna vertebral. Se indicó al sujeto que realizase una inspiración profunda sin levantar la planta de los pies y manteniendo la posición de la cabeza. Se descendió lentamente la plataforma horizontal del estadiómetro hasta contactar con la cabeza del sujeto, ejerciendo una suave presión para minimizar el efecto del pelo. En esta medida el sujeto siempre estuvo descalzo.

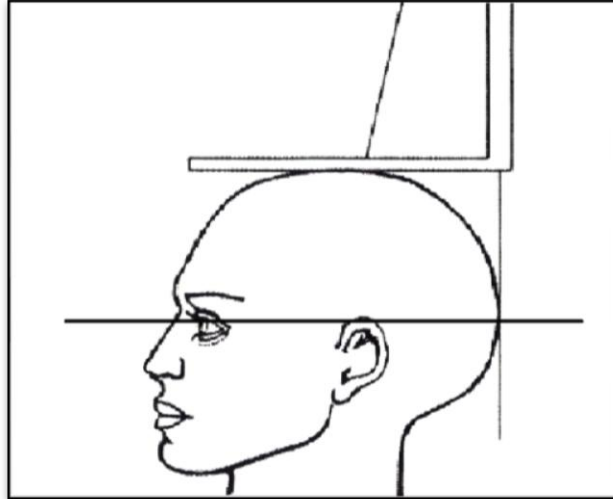


Figura 27. Plano de Frankfort

### 5.1.2.- Masa

En sentido estricto, se usa el término de masa corporal. El sujeto se sitúa de pie en el centro de la plataforma de la báscula distribuyendo el peso por igual en ambas piernas, sin que el cuerpo este en contacto con nada que haya alrededor y con los brazos colgando libremente a ambos lados del cuerpo. La medida se realiza con la persona en ropa interior o pantalón corto de tejido ligero, sin zapatos ni adornos personales.



Figura 28. Báscula

El sujeto se mide sin que vea el registro de la misma. Se anota el peso en kg con, al menos, una décima de kilo, aunque es recomendable una precisión de  $\pm 100$  gr.

## 5.2.- Bioimpedancias

Como protocolo para obtener una correcta medición del bioimpedanciómetro, no se debe realizar inmediatamente antes de la medición lo siguiente:

- Ducha o baño
- Ejercicio intensivo
- Beber bebida alcohólica
- Beber mucha agua o comida (dejar un margen de dos horas)

### 5.2.1.- Omron BF 306

Este instrumento de medida nos informará del porcentaje de grasa del cuerpo, medición del índice de masa corporal (IMC). Tiene una memoria de datos para 9 personas lo que su uso hace que sea rápido y fiable.



Figura 29. Modo de uso del bioimpedanciómetro Omron BF 306

### 5.2.2.- Tanita BC418

Este dispositivo debe ajustarse antes de tomar las medidas, incorporando previamente los datos del sujeto para que los resultados sean más fiables.

- Estándar: personas de 7 a 99 años de edad
- Atletas: deportistas

El sujeto, una vez que se desprendió de cualquier objeto metálico que llevase consigo y estuvo descalzo, colocó los pies en la base del aparato. Una vez situado justo en la zona de las estiras metálicas y que cogió con las manos cada uno los agarres, se midió la impedancia bioeléctrica en el cuerpo.



(a)



(b)

**Figuras 30 (a) y 31 (b). Modo de uso del bioimpedanciómetro Tanita BC418**

La grasa en el cuerpo permite que casi no haya electricidad para pasar a través, mientras que la electricidad pasa a través del agua con bastante facilidad, mucha de la cual se encuentra en los músculos. El grado de dificultad con la cual la electricidad pasa a través de una sustancia se conoce como la resistencia eléctrica, y el porcentaje de grasa y otros componentes del cuerpo pueden inferir en las mediciones de esta resistencia.

El analizador mide con una corriente constante con una frecuencia de (50kHz). Los electrodos se colocan de manera que la corriente eléctrica se suministra desde los electrodos en las puntas de los pies y en las puntas de los dedos de ambas manos, la tensión se mide en el talón de ambos pies y la parte tenar de ambas manos. La corriente fluye en las extremidades superiores o miembros inferiores, dependiendo de las partes que se quieran medir del cuerpo.

### 5.3.- Análisis de los componentes sanguíneos (Reflotron plus)

Estas mediciones se realizaron no fueron realizadas con el estudio piloto, sólo fueron realizadas con los estudios posteriores con una muestra de 65 sujetos.

Este apartado del estudio tiene como fin medir los niveles de la CK como indicador del daño muscular. Cada día toma mayor interés en el rendimiento deportivo la planificación de las cargas de entrenamiento con la finalidad de detectar posibles síntomas de fatiga o sobreentrenamiento, así como observar los niveles de recuperación o asimilación de las cargas.



Figura 32. Varios de los elementos utilizados en el análisis de CK

La CK se trata de una enzima que cataliza la reacción de fosforilación de la creatina por el ATP. Su función principal consiste en proporcionar energía temporalmente y transferir energía desde la mitocondria al citocol. Se presenta en dos formas: citoplasmática y mitocondrial. Existen tres isoenzimas: BB (cerebro), MM (músculo esquelético) y MB (miocardio) (Córdoba y Álvarez, 2001). El valor de medida para esta enzima es el de unidades por litro U/L, que es el que se reporta en todos los estudios indagados.

Los materiales utilizados para este estudio fueron los siguientes:

- Técnicos del laboratorio clínico
- Equipo para el proceso analítico Reflotron plus
- Algodón
- Agua y jabón
- Punzón
- Tubos para capilares
- Tiras



(a)



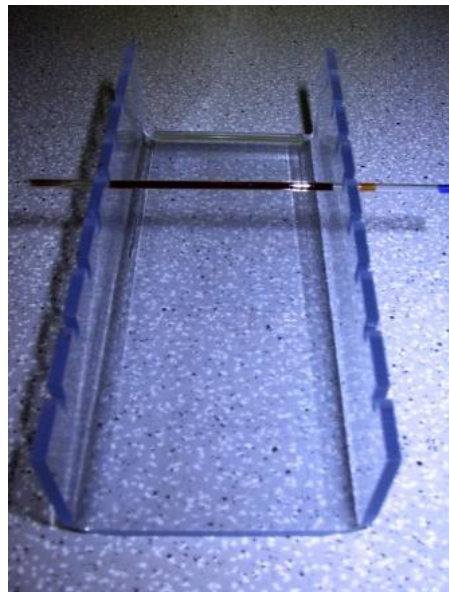
(b)

Figura 33 y 34. Envase con tiras (a) y punzón para la extracción y depósito de gota sanguínea (b)

El principio de medición del Sistema Reflotron se basa en la fotometría de reflexión, medida del cambio de color producido en el reactivo seco o química seca.



(a)



(b)

**Figuras 35 (a) y 36 (b). Tubos de capilares de los parámetros a determinar**

Las condiciones ambientales para la temperatura deben oscilar entre 15°C -30°C y una humedad relativa máxima de 95%. Se indicó a todos los sujetos que debían de realizar las tomas en ayunas. Salvo el pretest, realizado días antes del comienzo del programa establecido, el resto de las tomas fueron tomadas dos días después a los entrenamientos, tanto para el test intermedio como el postest.



**Figuras 37. Introducción de la tira reactiva**

A continuación se detallan los pasos en el procedimiento técnico:

1.- Lavado higiénico de manos, y colocación de guantes estériles y mascarilla si precisa.

2.- Colocar al paciente en decúbito supino dejando la zona a puncionar descubierta y explicar el procedimiento al paciente.

3.- Sujetar el dedo para evitar movimientos bruscos y rodearlo congestionándolo para favorecer el flujo de sangre. La zona adecuada para realizar la punción es el lateral de la yema del dedo. Limpiar con el algodón humedecido la zona de punción, posteriormente con el seco realizar una frotación que favorezca la irrigación en la zona.

4.- Retirar el protector del punzón o lanceta, ajustar la profundidad y pinchar presionando el botón superior.

5.- Sin presionar el dedo, retirar con el algodón seco el resto de sangre del pinchazo. Proceder al llenado del capilar tocando con el extremo del capilar la gota de sangre, nunca el dedo. Durante el llenado debe realizarse un masaje a lo largo del dedo para favorecer la salida de sangre. Mantener el extremo del capilar que recoge la sangre hacia abajo para evitar la entrada de aire. Llenar el capilar hasta la marca central del mismo. Cada determinación requiere un capilar.

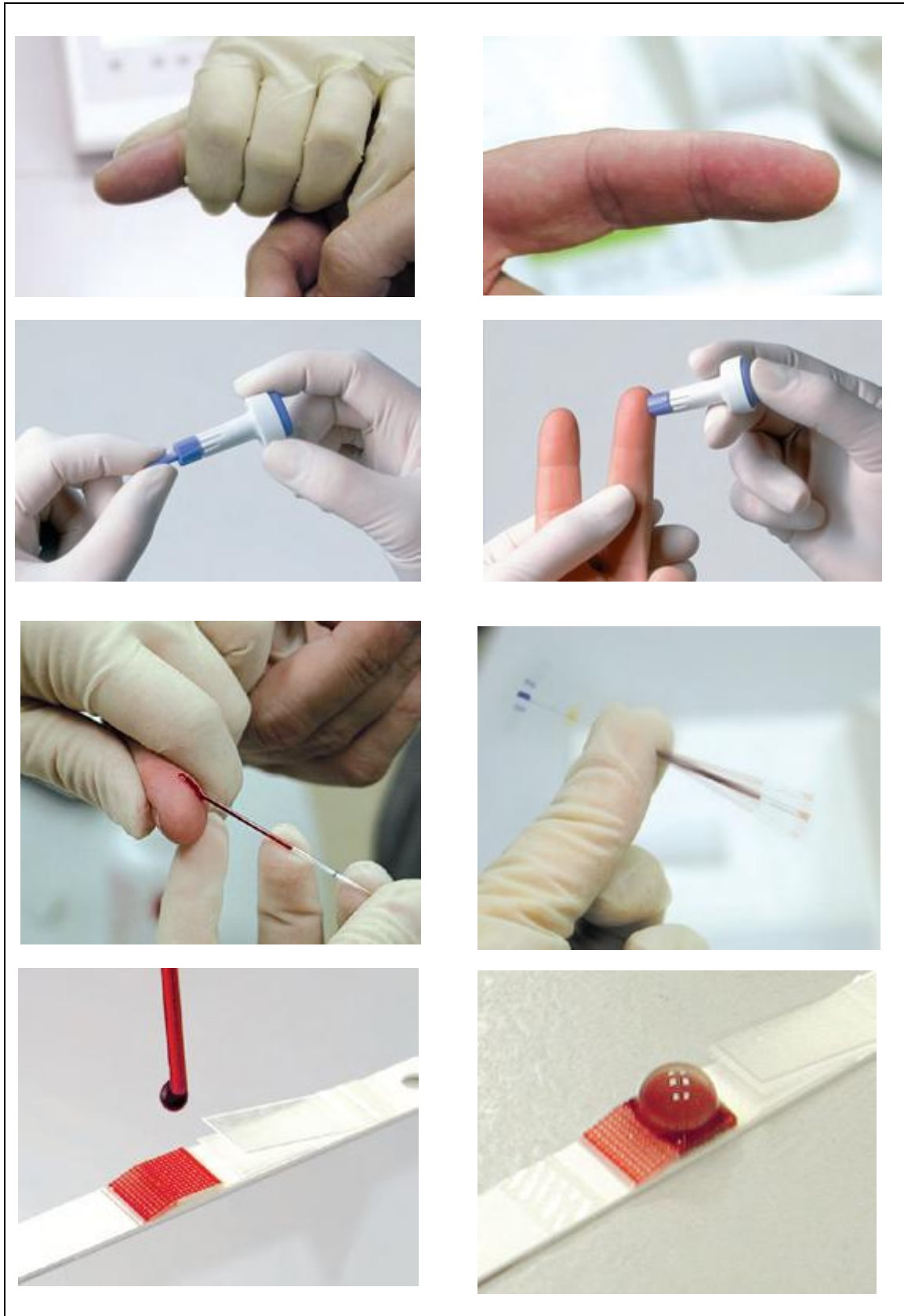
6.- Para evitar la formación de coágulos, agitar el capilar desplazando la sangre a lo largo del interior del capilar 2 o 3 cm para homogeneizar con el anticoagulante (heparina) que recubre el capilar. Colocar los capilares llenos en el portacapilares.

7.- Colocar el capilar en el aplicador introduciéndolo por el extremo. Para vaciar el contenido de sangre se presiona lentamente el botón amarillo del aplicador hasta el primer tope, el segundo tope expulsa el capilar.

8.- La sangre debe vaciarse en el centro de la malla roja de la tira. Nunca vaciar en la zona inclinada ni tocar con el capilar. Si se forma una burbuja en la malla roja esperar a que rompa antes de introducir la tira en el aparato.

9.- Introducir la tira en la cámara de medición. Una vez aplicada la sangre en la tira no esperar más de 15 segundos.

10.- Retirar la tira del aparato.



Figuras 38. Procedimiento para la obtención de sangre capilar

Las normas generales ante cualquier sospecha de resultados dudosos son:

- 1.- Realizar «Check control» de Reflotron.
- 2.- Comprobar la correcta caducidad de las tiras.
- 3.- Repasar las «normas de calidad máxima»

#### 5.4.- Saltos (Ergo jump plus Bosco System)

La preparación para todas las pruebas de salto es la misma. Todos los sujetos reciben información escrita de cómo se realizan los tests. Antes de realizar cada una de las pruebas, se les demuestra prácticamente cual es su ejecución correcta, permitiéndose una repetición de la prueba para familiarizarse con el gesto.

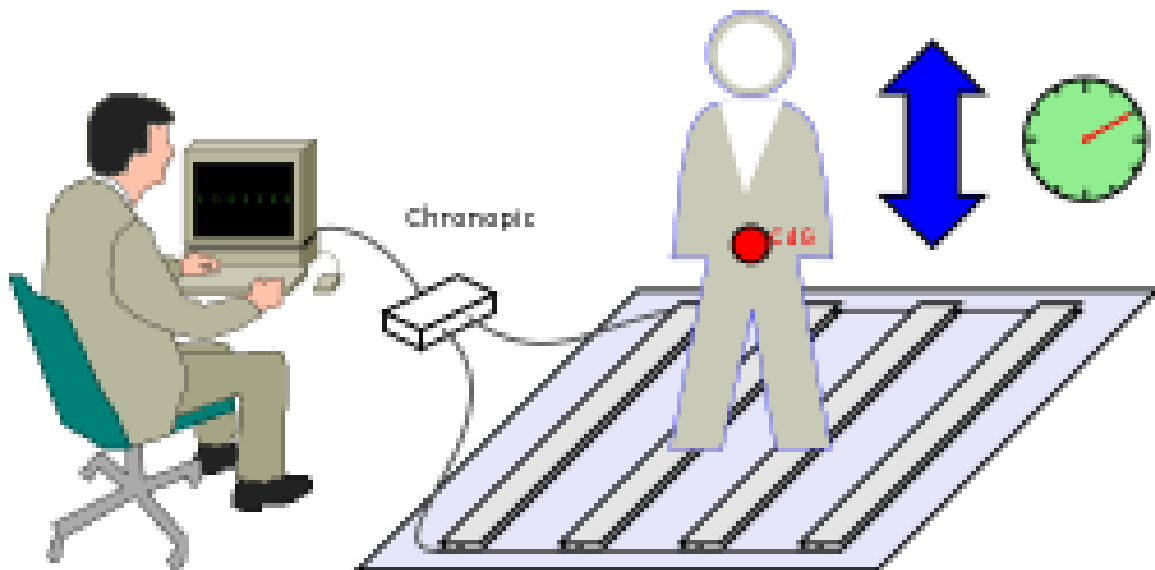
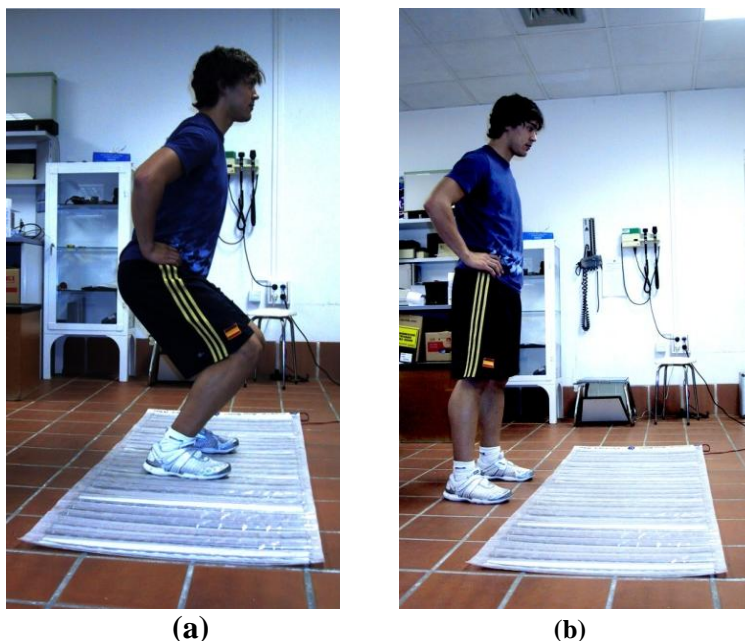


Figura 39. Ergojump-plus Bosco System (Tomado de Urdampilleta, A. *et al.* 2014)

Para la valoración de la prueba se permitirán dos intentos, con breve descanso entre ellos y la puntuación se asignará en función de la altura máxima alcanzada. Sin embargo, el salto será nulo si: cae fuera de la plataforma; varía la postura inicial al tomar impulso; realiza un pequeño salto antes de comenzar y/o rebota en la caída.



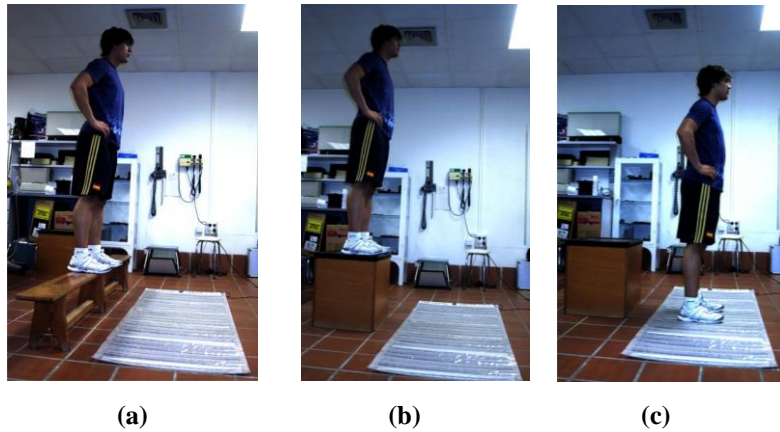
Figuras 40 y 41. Preparación para el salto SJ (a), CMJ (b) y RJ10 (b)

La capacidad motriz principalmente requerida es la fuerza explosiva concéntrica de los músculos extensores de las piernas y los test de saltos realizados son: **SJ** (salto sin contramovimiento); **CMJ** (salto con contramovimiento); **RJ 10** (salto repetitivo durante diez veces) y **DJ 30/50** (salto profundo desde una altura de 30cm ó 50cm).

Tabla 9. Procedimiento en la ejecución de los distintos test de saltos

<b>SJ</b>	<b>Descripción</b>	Rodillas en 90°, sin ejecutar ningún movimiento previo y con las manos en la cintura se debe saltar lo máximo posible.
	<b>Modalidad</b>	Trabajo concéntrico.
<b>CMJ</b>	<b>Descripción</b>	Desde la posición de parado, con las manos en la cintura y cuerpo erguido, descender flexionando rápidamente la rodilla hasta 90°. Saltar lo máximo posible.
	<b>Modalidad</b>	Trabajo concéntrico, precedido por una actividad excéntrica.
<b>RJ10</b>	<b>Descripción</b>	Desde la posición de parado, con las manos en la cintura y cuerpo erguido, descender flexionando rápidamente la rodilla hasta 90°. Saltar lo máximo posible durante diez veces seguidas.
	<b>Modalidad</b>	Trabajo concéntrico, precedido por una actividad excéntrica.

<b>DJ 30/50</b>	<b>Descripción</b>	Desde la posición de parado, con las manos en la cintura y cuerpo erguido, dejarse caer desde una altura de 30/50 cm y descender flexionando rápidamente la rodilla hasta 90°. Saltar lo máximo posible.
	<b>Modalidad</b>	Trabajo concéntrico, precedido por una actividad excéntrica.



**Figura 42-44. Preparación y salto para DJ30 (a), DJ50 (b) y posterior recepción (c)**

### Referencias bibliográficas

Aguado, X., Izquierdo, M. y González, J.L. (1998). *Biomecánica fuera y dentro del laboratorio*. León: Universidad de León.

Bäumler, G y Schneider, K. (1989). *Biomecánica deportiva*. Barcelona. Martínez Roca.

Bosco, C. (1991). *Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista*. Barcelona: Paidotribo.

Centeno Prada R.A., Naranjo J., Calero T., Orellana R. y Sánchez E. (2005). Valores de la fuerza obtenidos mediante plataforma dinamométrica en futbolistas profesionales. *Revista Científica en Medicina del Deporte*, 1:11-17.

Córdoba, A. y Álvarez, M. (2001). *Inmunidad en el deporte*. Madrid: Gymnos.

Enoka R.M., Duchateau J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *Journal of Physiology*. Jan 1;586(1):11-23.

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2000). *Metodología de la investigación*. (2ª Edición). México: Mc Graw Hill.

Ingram L.A., Simpson R.J., Malone E. y Florida-James G.D. (2015). Sleep disruption and its effect on lymphocyte redeployment following an acute bout of exercise. *Brain, Behavior, and Immunity*. 9, January.

Matveev, L. (1992). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Moscú: Raduga.

Urdampilleta, A.; Álvarez-Herms, J.; Martínez Sanz, J.M.; Corbi, F. y Roche, E. (2014). «Readaptación física en futbolistas mediante vibraciones mecánicas e hipoxia». [En línea] *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 14 (53) pp. 119-134. Disponible en web:

<[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista53/artrecuperacion432.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista53/artrecuperacion432.htm)>.

(Consulta realizada el 18 de enero de 2015).



## CAPÍTULO IV

# RESUMEN GLOBAL DE LOS RESULTADOS



## RESUMEN GLOBAL DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se presenta los resultados de los estudios en relación con los valores obtenidos. Los datos se recogieron mediante una hoja de cálculo Excel, y según el estudio realizado se puso en marcha el análisis estadístico SPSS versión 16.0, 17.0 y 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

La evaluación del rendimiento, junto a una planificación a largo plazo y una configuración detallada de la misma, sientan las bases para un óptimo desarrollo del proceso de entrenamiento. Se constituye en un requisito previo a la planificación ya que gracias a él, se podrá establecer un punto de partida en la programación (Weineck, 2005). Por ello, el autor define la evaluación como un procedimiento que consiste en «el reconocimiento y la calificación del nivel individual de los componentes de un rendimiento deportivo o de un estado de rendimiento deportivo».

Los resultados de una adecuada evaluación, conducen a responder las siguientes cuestiones sobre el proceso de entrenamiento (Stiehler, en Weineck, 2005):

- ¿Se han conseguido los objetivos para la sesión o ciclo de entrenamiento?
- ¿Eran adecuados los objetivos?
- ¿Se tuvieron en cuenta las condiciones locales, y se aprovecharon?
- ¿Resultó adecuada la elección de los ejercicios?
- ¿Se midió adecuadamente el volumen e intensidad en las tareas propuestas?
- ¿Se mantuvo la secuencia temporal planificada y el énfasis sobre contenidos determinados?
- ¿Fue la relación carga-recuperación la adecuada?

De este modo, podemos llevar a cabo el proceso de regulación del entrenamiento, que se define como «el ajuste selectivo (a corto y largo plazo), de todas las medidas de planificación del entrenamiento, de su puesta en práctica y de los controles de la competición y entrenamiento con el fin de modificar el estado de rendimiento deportivo y conseguir el éxito» (Grosser, 1992).

Grosser y Starischka (1988), elaboran una clasificación de los diferentes procedimientos que se pueden llevar a cabo al evaluar el rendimiento del deportista y que se desglosa en la siguiente tabla:

**Tabla 10. Clasificación de los tipos de evaluación deportiva**

<i>Procedimientos de evaluación del rendimiento deportivo</i>
Encuesta/entrevista
Observación
Tests deportivo-motores
Evaluaciones de la psicología deportiva
Evaluaciones biomédicas
Evaluaciones anatómo-funcionales
Evaluaciones biomecánicas

## 1.- OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN

La realización de los tests permitirán (Vasconcelos, 2005) elaborar de un modo más preciso los programas de entrenamiento, comprobar la evolución del deportista a través de la comparación de las pruebas y reforzar la motivación de los sujetos. Los objetivos de la evaluación según González-Badillo y Ribas (2002) se enumeran los siguientes puntos:

- Control del proceso de entrenamiento
- Valorar la fuerza y la potencia en el rendimiento específico.
- Definir las necesidades de fuerza y potencia.
- Definición de puntos fuertes y débiles del deportista.
- Comprobar la relación entre los progresos en fuerza y potencia y el rendimiento específico: relación entre cambios
- Predecir los resultados
- Prescribir el entrenamiento más adecuado en función de las necesidades de fuerza y potencia del sujeto, así como de los resultados de los tests realizados
- Valoración de la influencia de la fuerza y la potencia sobre las demás cualidades
- Clasificar a los deportistas en función del rendimiento deportivo

- Contribuir a la selección de talentos

## **2.- CAUSAS QUE JUSTIFICAN LA EVALUACIÓN DE LA FUERZA**

Por otro lado, Mc Dougall et al. (2005) establecen cuatro causas que deben justificar la evaluación de la fuerza:

1.- Establecer la aplicabilidad y la importancia relativa de la fuerza y potencia en el rendimiento:

La importancia de las mismas se puede establecer correlacionando los resultados de las pruebas específicas de fuerza y potencia, con el rendimiento en el deporte. De este modo, se obtendrán conclusiones que permitirá establecer unas prioridades en el entrenamiento. El éxito del proceso y la validez de las conclusiones dependerán de la especificidad de las pruebas con respecto a la modalidad deportiva.

2.- Desarrollar el perfil del deportista:

Todo sujeto posee unos puntos fuertes y débiles con respecto a las diferentes cualidades físicas. La determinación de los mismos, a través de una adecuada batería de tests, es fundamental en cualquier programa de entrenamiento.

3.- Control del proceso de entrenamiento.

4.- Controlar la rehabilitación de lesiones.

Si un deportista posee datos de fuerza previos a la lesión, se podrá cuantificar la disminución en esta capacidad (Nicholas; Sapega y Nicholas, citados en Mc Dougall et al., 2005).

### **3.- CARACTERÍSTICAS A REUNIRSE PARA EVALUAR LA FUERZA**

Chulvi y Masiá (2009), afirman que la evaluación de dicha capacidad, dentro de un programa de acondicionamiento se debe fundamentar en:

- 1.- Determinar la aptitud neuromuscular
- 2.- Ser funcional
- 3.- Cumplir con el principio de especificidad del entrenamiento (Abernethy *et al.*, 1995, citado en Chulvi y Masiá, 2009)
- 4.- Garantizar la transferencia entre los registros obtenidos y su aplicación en los procesos de prescripción y planificación del entrenamiento
- 5.- Evitar situaciones que supongan un incrementado potencial riesgo de lesión y garantizando una correcta y segura ejecución
- 6.- Permitir comprobar evoluciones entre registros

### **4.- CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN**

De un modo general, Vasconcelos (2005), establece que la evaluación debe ser un proceso sistematizado, ordenado en el tiempo y que proporcione información objetiva y precisa. Para la elección de un método de evaluación, considera que hay que tener en cuenta:

- 1.- Condiciones del lugar donde se realiza la prueba
- 2.- Edad y años de entrenamiento de los deportistas
- 3.- Las características de la modalidad
- 4.- La integración de los momentos de la evaluación de la temporada

Mc Dougall et al. (2005), de un modo más amplio establecen que a la hora de escoger una prueba de evaluación hay que tener en cuenta los siguientes criterios:

1.- Especificidad: se refiere a la similitud de la acción motriz de la prueba con respecto al gesto deportivo. La evaluación debe ser específica con respecto a:

1) Grupo muscular implicado en el gesto

2) Patrón de movimiento y tipo de contracción. En la evaluación hay que simular tan fielmente como sea posible el patrón de movimiento del deporte. Afirman al respecto que «la simulación debe incluir el patrón de movimiento anatómico y el tipo de contracción (excéntrica, concéntrica o isométrica)»

3) Velocidad de ejecución.

2.- Dificultad para la obtención de datos y análisis: hay que seleccionar una prueba fiable que permita una rápida y adecuada recolección de datos.

3.- Factibilidad: la prueba escogida, debe estar al alcance económico y de disponibilidad del evaluador.

Weineck (2005), afirma que la selección se debe hacer teniendo en cuenta dos criterios básicos que debe cumplir el test seleccionado.

1.- Criterios de calidad primarios: se refieren a la exactitud y son:

1) Fiabilidad: Se refiere al hecho de la precisión de la medida, independientemente de los aspectos que se pretenden medir. Es la capacidad de un test para demostrar estabilidad y consistencia en sus resultados. Un test es confiable cuando al aplicarlo dos o más veces a un individuo, en circunstancias similares obtenemos resultados análogos o similares. La confiabilidad debe controlar la distorsión o variación que diversos factores producen al aplicarlo, alguno de ellos pueden ser: el clima, la hora del día, las instalaciones, características del equipo de medición y el estado de ánimo del evaluado.

2) Validez: un test es válido cuando responde a estas preguntas y cuando mide lo que realmente se propone. «Es el grado en el cual el test mide aquello que quiere medir» (Litwin y Fernández, 1982). Un test es válido cuando demuestra que mide aquello que se suponía o se pretendía que midiese. La validez de un test no está en función de sí mismo, sino de la aplicación que va a realizarse de él. Por ello, los procedimientos existentes para determinar la validez de un test, se basan en establecer la relación de sus resultados y otros hechos que podamos observar y que estén en relación directa con el tipo de capacidad que intentamos evaluar.

La validación de un test se realiza mediante la aplicación o realización de su «coeficiente de validez», a través de la realización de la correlación entre las dos series de resultados, el del test y el de la prueba de comprobación. Un alto coeficiente de correlación en la validez de un test nos permitirá, predecir un tipo de conducta o capacidad partiendo exclusivamente de la aplicación del test. La correlación ( $r$ ) es la correspondencia más o menos importante entre dos valores, basada en un conjunto de cálculos de aplicación estadística.

Se estima que si los coeficientes de correlación presentan los siguientes valores de « $r$ » pueden interpretarse como:

- Menor 0.69, la « $r$ » es baja o dudosa.
- De 0.70 a 0.74, la « $r$ » es moderada o débil.
- De 0.75 a 0.84, la « $r$ » es aceptable o buena.
- De 0.85 a 0.94, la « $r$ » es alta o muy buena.
- De 0.95 a 0.99, la « $r$ » es excelente.

El número de muestras intervinientes en el análisis de correlación, determinará el grado de significatividad de los resultados.

3) Objetividad: es la independencia en la interpretación de resultados indiferentemente del sujeto que evalúa.

2.- Criterios de calidad secundarios están relacionados con la puesta en práctica y son los siguientes:

- Economía: sencillos de aplicar, en tiempo breve y con bajo coste monetario.
- Posibilidades de establecer normas y de comparación.
- Utilidad.

A continuación se expone a modo de resumen los datos anteriormente expuestos:

**Tabla 11. Criterios de selección establecidos para la evaluación**

Selección de criterio		
<b>Vasconcelos (2005)</b>	Condiciones del lugar donde se realiza la prueba	
	Edad y años de entrenamiento de los deportistas	
	Las características de la modalidad	
	La integración de los momentos de la evaluación de la temporada	
<b>Mc Dougall et al. (2005)</b>	Especificidad	
	Dificultad para la obtención de datos y análisis	
	Factibilidad	
<b>Weineck (2005)</b>	Primarios	Fiabilidad
		Validez
		Objetividad
	Secundarios	Economía
		Posibilidades de establecer normas y de comparación
	Utilidad	

## 5.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DE REGISTROS CON TESTS DE RENDIMIENTO MOTOR

Weineck (2005), afirma que los tests son un «requisito indispensable para una organización eficaz, dentro del proceso de entrenamiento a largo y medio plazo». Su importancia, radica en que permite compensar ciertos déficits o ajustes, para evitar el estancamiento del entrenamiento. A continuación se enumeran las ventajas e inconvenientes:

- Ventajas (Ramos Álvarez, J.J., *et al.* 2009 y Sass, citado en Weineck, 2005).

1.- Se trata de un cálculo reproducible que aporta datos con un alto grado de autenticidad de determinados factores que determinan el rendimiento.

2.- Se puede medir de un modo aislado ciertos factores, sin el influjo global del resto de condicionantes.

3.- Se puede comprobar los progresos del rendimiento en su desarrollo a lo largo del proceso de entrenamiento.

4.- Con respecto a la observación, se descarta en gran medida el influjo subjetivo.

- Inconvenientes (Ramos Álvarez, J.J., *et al.* 2009; Grosser y Starischka, 1988)

1.- La actitud y motivación: puede influir sobre los resultados de una prueba.

2.- La información que aportan es menos precisa que los tests biomédicos y además la elección debe ser la adecuada para que sea representativo si se tienen en cuenta y se simulan las condiciones de exigencia.

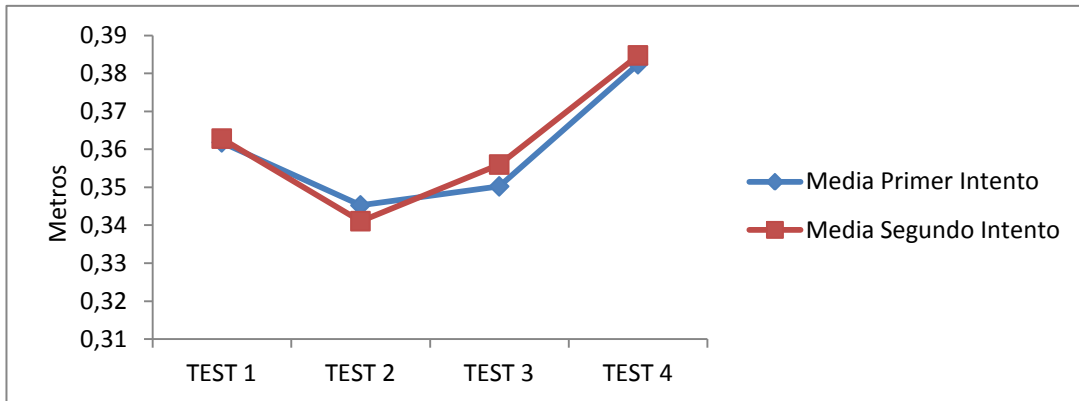
3.- La información que suministra, es meramente física, sin tener en cuenta la personalidad del deportista, la cual es de gran importancia dentro de un programa de entrenamiento.

## **6.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

### **6.1.- Estudio piloto publicado en Science & Sport**

Este estudio se realizó con un programa de entrenamiento de seis semanas y un total de cuatro tests. Dentro del contexto general de esta investigación, se muestra a continuación las figuras y tablas así como su descripción sobre los resultados de los análisis realizados. Primeramente se realizó la media y desviación estándar de los dos grupos de entrenamiento, inmersión y seco, así como su índice de significatividad ( $p < 0,05$ ). El coeficiente de correlación intraclase (CCI) para el SJ fue de 0.90 (intervalo de confianza 95%: 0.81-0.95). El coeficiente de variación (CV) para el SJ fue 7.0%. El

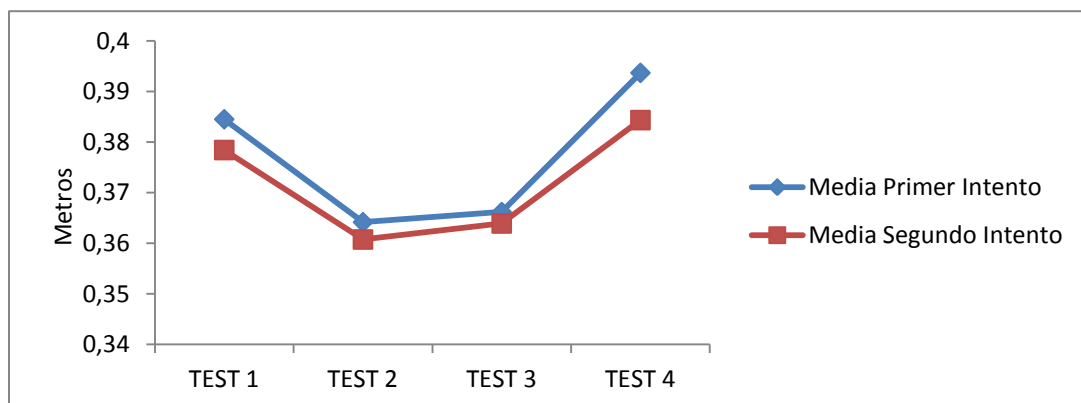
CMJ mostró también altos valores de fiabilidad como muestran CCI: 0.95 (IC 95%: 0.89-0.97) y CV: 5.6%.



**Figura 45. Altura del SJ en el grupo EPA**

En la figura 45, aparecen las mediciones realizadas en los cuatro tests para el SJ en el grupo de entrenamiento en inmersión. Se observa un notable descenso en los resultados del primer test al segundo. Sin embargo, esta bajada en la capacidad de salto se va recuperando en los posteriores tests hasta conseguir en la última semana una mejora en el posttest respecto al pretest.

El primer intento como el segundo en cada test son muy semejantes, es decir, no hay prácticamente diferencias. Quizás algo mejores en el primer intento realizadas durante el tiempo de vuelo en el SJ.

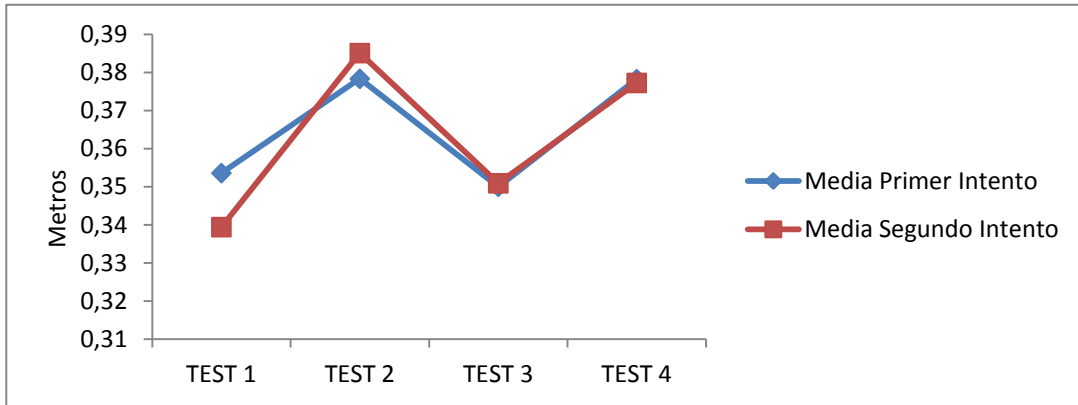


**Figura 46. Altura del CMJ en el grupo EPA**

En la figura 46 se representa el CMJ para el EPA y sus resultados son bastante similares con respecto al SJ, ya que se muestra un ligero descenso en el segundo test

que se irá recuperando a lo largo de los entrenamientos. Del mismo modo que en las anteriores figuras, observamos como los primeros intentos son siempre mejores.

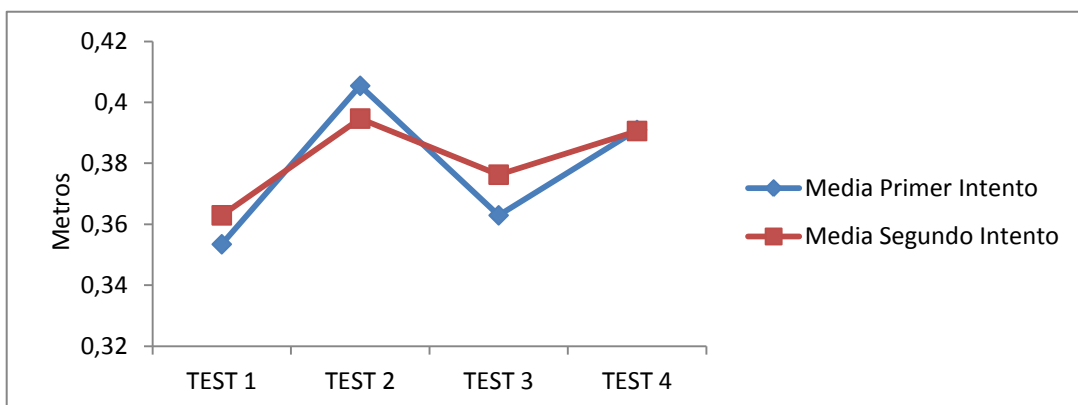
Se podría plantear la hipótesis si realizamos un quinto test más, habiéramos podido encontrar una prolongación a favor de la capacidad de salto.



**Figura 47. Altura del SJ en el grupo EP**

En esta anterior figura se representa el SJ y a diferencia del entrenamiento en inmersión, hay una mejora en el segundo test. En el tercer test hay un empeoramiento respecto al segundo y en el postest una mejora respecto al pretest. En los segundos intentos del SJ se obtienen mejores resultados en general, exceptuando el segundo test donde en el segundo intento hay una mayor capacidad de salto.

En líneas generales la figura que se dibuja se asemeja al EPA a excepción del segundo test, el cual tiene una mejora en sus resultados.



**Figura 48. Altura del CMJ en el grupo EP**

En la última figura se analiza el CMJ del Grupo de entrenamiento en seco. La figura que dibuja es muy parecida a la del SJ del mismo grupo. En el segundo test, a

diferencia del SJ, hay mejores resultados en el primer intento. Se obtienen picos más altos en el postest respecto al segundo, por lo tanto sus resultados son mejores tanto altura como en el tiempo de vuelo del CMJ.

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos por ambos grupos.

**Tabla 12. Resultados de la altura de vuelo en SJ (m) y CMJ (m) para el grupo EPA y EP**

Salto	Test	EPA	EP
SJ	1-2	0,36 ± 0,07 vs 0,34 ± 0,05	0,35 ± 0,05 vs 0,38 ± 0,05*
	1-3	0,36 ± 0,07 vs 0,35 ± 0,06	0,35 ± 0,05 vs 0,35 ± 0,03
	1-4	0,36 ± 0,07 vs 0,38 ± 0,08	0,35 ± 0,05 vs 0,37 ± 0,03*
	2-3	0,34 ± 0,05 vs 0,35 ± 0,06	0,38 ± 0,05 vs 0,35 ± 0,03*
	2-4	0,34 ± 0,05 vs 0,38 ± 0,08*	0,38 ± 0,05 vs 0,37 ± 0,03
	3-4	0,35 ± 0,06 vs 0,38 ± 0,08	0,35 ± 0,03 vs 0,37 ± 0,03*
CMJ	1-2	0,38 ± 0,07 vs 0,36 ± 0,06	0,36 ± 0,06 vs 0,40 ± 0,05*
	1-3	0,38 ± 0,07 vs 0,36 ± 0,05	0,36 ± 0,06 vs 0,37 ± 0,03
	1-4	0,38 ± 0,07 vs 0,39 ± 0,08	0,36 ± 0,06 vs 0,39 ± 0,03*
	2-3	0,36 ± 0,06 vs 0,36 ± 0,05	0,40 ± 0,05 vs 0,37 ± 0,03*
	2-4	0,36 ± 0,06 vs 0,39 ± 0,08	0,40 ± 0,05 vs 0,39 ± 0,03
	3-4	0,36 ± 0,05 vs 0,39 ± 0,08	0,37 ± 0,03 vs 0,39 ± 0,03*

SJ: Squat Jump ; CMJ: Counter Movement Jump ; EPA: entrenamiento pliométrico en inmersión. EP: entrenamiento pliométrico en seco. Anova de medidas repetidas con un test de post-hoc de Bonferroni \*  $p < 0,05$ .

Al final de todo el proceso se consiguieron mejores resultados para ambos grupos, sin embargo las diferencias encontradas entre grupos no han sido estadísticamente significativas. Se muestran picos más altos en los postest, por lo tanto los resultados son mejores para ambos grupos.

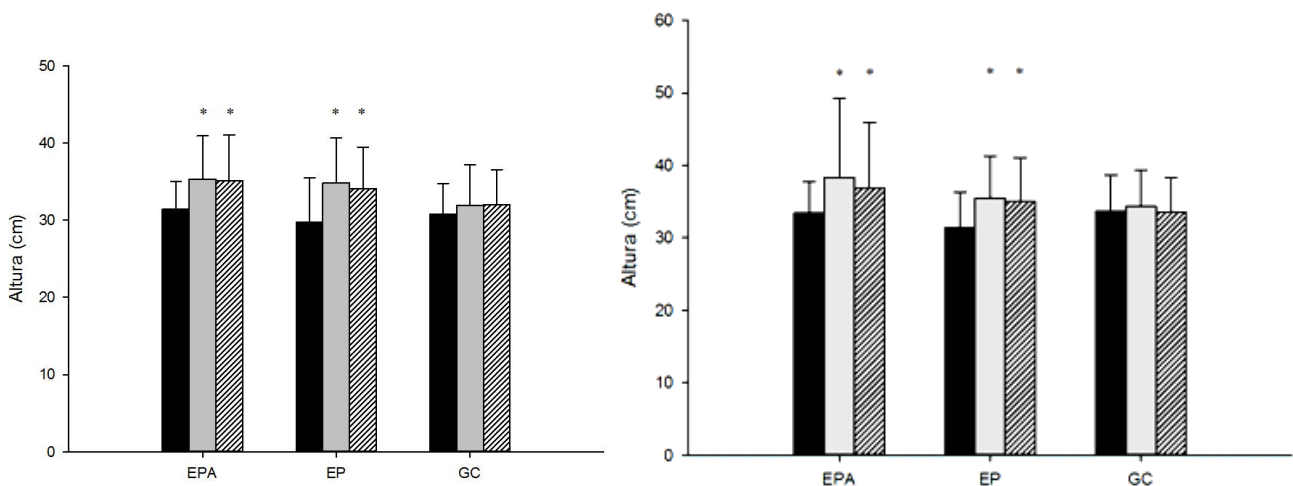
Los resultados correspondientes a la primera columna hacen referencia al salto en SJ y comparan los tests realizados a lo largo de la investigación. Tal y como se observa, son resultados muy similares en ambos grupos, teniendo un pequeño aumento de los mismos comparando el pretest con el postest. En el grupo de entrenamiento en inmersión cabe destacar la comparación del segundo test con el cuarto. En referencia al grupo EP, al comparar los registros tras las dos primeras semanas de entrenamiento

aparecen mejoras estadísticamente significativas tanto en SJ como en CMJ, mejoras que se siguen manteniendo cuando se comparan los rendimientos iniciales y finales.

Se puede observar que tanto en el grupo de entrenamiento en inmersión como en seco, se obtienen resultados con diferencias estadísticas significativas, sin embargo si se compara entre ambos grupos no se obtienen dichas diferencias. Se puede destacar el cambio más acentuado logrado por el grupo de entrenamiento en seco, pero se estabiliza y se determina en un punto muy similar al del grupo de entrenamiento en inmersión.

## 6.2.- Posteriores estudios publicados en RIMCAFD e IJSM

El programa llevado a cabo durante las diez semanas se cumplió en un 88,1% de asistencia para todas las sesiones diseñadas.



**Figuras 49 y 50. Evolución del SJ y CMJ respectivamente a lo largo del proceso de entrenamiento en los diferentes grupos. Diferencias significativas intra-grupo respecto al T1: \*  $P \leq 0,05$**

No se encontraron diferencias significativas entre grupos en ninguna de las variables en T1 ( $p > 0,05$ ). Ambos grupos de entrenamiento (EPA y EP) obtuvieron mejoras significativas en T2 y T3 con respecto a T1 tanto en SJ ( $p \leq 0,001$ ) como en CMJ ( $p \leq 0,05$ ) sin encontrar mejoras significativas entre grupos (Figuras 49 y 50). Por otro lado, no se observaron diferencias significativas para ninguno de los grupos en T3 con respecto al T2, ni en el SJ ni el CMJ.

**Tabla 13. Resultados de la altura de vuelo en los saltos SJ y CMJ para el grupo EPA y EP**

		<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>ES<sub>2-1</sub></i>	<i>ES<sub>3-1</sub></i>
<b>SJ (cm)</b>	<b>EPA</b>	31,5 ± 3,6	35,3 ± 5,6 ***	35,1 ± 6,0 ***	<b>0,81</b>	<b>0,73</b>
	<b>EP</b>	29,8 ± 5,8	34,9 ± 5 ***	34,1 ± 5,4 ***	<b>0,88</b>	<b>0,77</b>
	<b>Control</b>	30,8 ± 4,0	32,0 ± 5,2	32,0 ± 4,5	<b>0,26</b>	<b>0,64</b>
<b>CMJ (cm)</b>	<b>EPA</b>	33,5 ± 4,3	38,4 ± 10,9 *	36,9 ± 9,0 *	<b>0,59</b>	<b>0,48</b>
	<b>EP</b>	31,4 ± 4,9	35,5 ± 5,8 *	35,0 ± 5,0 *	<b>0,76</b>	<b>0,68</b>
	<b>Control</b>	33,7 ± 5,0	34,3 ± 5,0	33,6 ± 4,7	<b>0,12</b>	<b>0,02</b>

Diferencias significativas intra-grupo respecto al T1: \*  $P \leq 0,05$ , \*\*  $P \leq 0,01$ , \*\*\*  $P \leq 0,001$ . SJ: Salto sin contramovimiento. CMJ: Salto con contramovimiento. EPA: Entrenamiento pliométrico acuático. EP: Entrenamiento pliométrico en seco. ES: Tamaño del efecto.

En el SJ, ambos grupos experimentales mostraron similares ES, tanto en T2 (0,88 vs 0,81) y T3 (0,77 vs 0,73) con respecto al T1. Sin embargo, en el CMJ EP pareció mostrar ligeramente mayores valores del ES que el EPA tanto en T2 (0,76 vs 0,59) como en T3 (0,68 vs 0,48) con respecto a T1 (Tabla 13).

El grupo control permaneció prácticamente constante y sin cambios estadísticamente significativos en todos los tests. Ninguna diferencia significativa fue observada en dicho grupo para ninguno de los ejercicios. El ES fue mayor en los dos ejercicios evaluados para los dos grupos experimentales con respecto al grupo control.

En la siguiente tabla se muestra la evolución de los cambios producidos en las variables de los saltos reactivos (RJ10, DJ30/50) y de la concentración en sangre capilar de CK.

Tabla 14. Evolución de los cambios producidos en las variables de los saltos RJ10, DJ30/50 y de la muestra de CK

	TEST 1	TEST 2	TEST 3	$\Delta$ (%)	Cambios observados T3 vs T1	
					Estandarización (Cohen) Diferencias (90% IC)	Porcentaje de cambios del mejor/efecto trivial/peor
<b>RJ10-EPA</b> (cm)	26,4 ± 3,6	27,6 ± 4,2	27,1 ± 4,6	2,3	0,20 (-0,29;- 0,68)	50/42/9 Incierto
<b>RJ10-EP</b> (cm)	25,1 ± 4,8	29,5 ± 5,4*** <sup>\$</sup>	27,7 ± 3,7*	11,7	0,53 (0,25;0,81)	97/3/0 Muy probable
<b>RJ10-GC</b> (cm)	24,6 ± 3,7	25,8 ± 3,8	25,2 ± 4,7	1,3	0,16 (-0,23;- 0,56)	44/50/6 Incierto
<b>DJ30- EPA</b> (cm)	33,5 ± 5,2	35,1 ± 5,6	35,1 ± 4,7	5,1	0,30 (0,12;- 0,48)	83/17/0 Probable
<b>DJ30-EP</b> (cm)	31,5 ± 4,5	34,7 ± 7,5**	33,8 ± 5,1**	7,4	0,51 (0,24;- 0,78)	97/3/0 Muy probable
<b>DJ30- GC</b> (cm)	32,9 ± 5,4	33,1 ± 5,7	33,7 ± 5,2	2,8	0,16 (-0,11;- 0,43)	39/59/2 Trivial
<b>DJ50- EPA</b> (cm)	33,9 ± 5,3	35,6 ± 6,8	35,3 ± 7,2	3,6	0,27 (-0,08;- 0,61)	63/36/1 Posiblemente
<b>DJ50-EP</b> (cm)	30,2 ± 5,3	34,6 ± 6,7***	34,2 ± 5,6**	13,4	0,71 (0,43;- 0,99)	100/0/0 Casi seguro
<b>DJ50- GC</b> (cm)	31,9 ± 5,6	32,7 ± 4,6	32,1 ± 5,3	1,6	0,07 (-0,27;- 0,41)	26/65/9 Incierto
<b>CK- EPA</b> (µg/L)	184,1 ± 104,8	234,6 ± 182,0	189,5 ± 120,4	3,2	0,05 (-0,32;- 0,42)	24/63/13 Incierto
<b>CK-EP</b> (µg/L)	121,9 ± 66,8	187,0 ± 144,3	147,8 ± 95,9	15,0	0,37 (-0,18;- 0,92)	70/25/4 Posiblemente
<b>CK- GC</b> (µg/L)	176,4 ± 138,8	174,3 ± 176,7	142,9 ± 68,8	-11,9	-0,23 (-0,52;- 0,05)	1/41/58 Posiblemente

Media de los datos ± SD; ES: Tamaño del efecto;  $\Delta$ : Cambio Pre-Post; IC: Intervalo de Confianza. EPA: Entrenamiento Pliométrico Acuático (n = 20), EP: Entrenamiento Pliométrico (n = 20), GC: Grupo Control (n = 25). RJ10: Diez saltos repetitivos, DJ30: Salto profundo desde una altura de 30 cm, DJ50: Salto profundo desde una altura de 50 cm, CK: Creatinquinasa. Diferencias significativas intragrupo respecto al test 1: \* P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.001 Diferencias significativas intergrupo respecto al grupo control: \$ P < 0.05

No se observaron diferencias significativas entre grupos en ninguna de las variables analizadas en T1. EP mostró diferencias significativas con respecto a GC en el T2 para RJ10. Además, EP mostró mejoras significativas en T3 (P < 0,01 a 0,001) con respecto a T1 en el rendimiento de los tres saltos reactivos analizados (RJ10, DJ30/50). Sin embargo, EPA y GC no mostraron cambios significativos en ninguno de los tres tests de saltos reactivos analizados.

Por otro lado, EP mostró mayor cambio en el rendimiento de los saltos reactivos que EPA (RJ10: 11,7% vs 2,3%; DJ30: 7,4% vs 5,1%; DJ50: 13,4% vs 3,6% para EP vs EPA). Además de un análisis estadístico tradicional se realizó un análisis inferencial de relevancia práctica. En este análisis EP mostró cambios en el rendimiento de los saltos reactivos muy probable – casi seguro (RJ10: 97/3/0; DJ30: 97/3/0; DJ50: 100/0/0). Por otro lado, EPA parece mostrar cambios de menor magnitud como se puede observar en

el análisis realizado (RJ10: 50/42/9; DJ30: 83/17/0; DJ50: 63/36/1). Por último, el grupo control no mostró una magnitud de los cambios con una relevancia práctica (incierto-triviales).

Los valores CK en reposo no mostraron cambios para ninguno de los grupos.

**Tabla 15. Comparación de las variables de rendimiento neuromusculares entre grupos seleccionados de T1 a T3**

	<i>Cambios observados en Test 3 con respecto a T1</i>		
		<b>Estandarización (Cohen) Diferencias (90% IC)</b>	<b>Porcentaje de cambios del mejor/ trivial/peor efecto</b>
<b>RJ10</b>	<b>EPA vs EP</b>	-0,43 (-0,94; 0,08)	0/3/97 Muy probable
	<b>EPA vs GC</b>	0,03 (-0,57; 0,63)	26/42/32 Incierto
	<b>EP vs GC</b>	0,47 (0,01; 0,93)	84/16/1 Probable
<b>DJ30</b>	<b>EPA vs EP</b>	-0,15 (-0,45; 0,16)	3/58/39 Trivial
	<b>EPA vs GC</b>	0,14 (-0,19; 0,46)	37/59/4 Trivial
	<b>EP vs GC</b>	0,29 (-0,08; 0,66)	66/33/2 Posiblemente
<b>DJ50</b>	<b>EPA vs EP</b>	-0,43 (-0,84; -0,02)	1/17/82 Probable
	<b>EPA vs GC</b>	0,18 (-0,28; 0,65)	47/44/9 Incierto
	<b>EP vs GC</b>	0,61 (0,18; 1,05)	94/6/0 Probable
<b>CK</b>	<b>EPA vs EP</b>	-0,20 (-0,72; 0,33)	10/40/50 Incierto
	<b>EPA vs GC</b>	0,34 (-0,15; 0,84)	69/28/4 Posiblemente
	<b>EP vs GC</b>	0,59 (0,04; 1,13)	88/11/1 Probable

EPA: Entrenamiento Pliométrico Acuático (n = 20), EP: Entrenamiento Pliométrico (n = 20), GC: Grupo Control (n = 25). RJ10: Diez saltos repetitivos, DJ30: Salto profundo desde una altura de 30 cm, DJ50: Salto profundo desde una altura de 50 cm, CK: Creatinquinasa. IC; intervalo de confianza. Para mayor claridad, todas las diferencias se presentan como mejoras para el primer grupo en comparación con el segundo grupo (ej.: U16 vs U18), de modo que diferencias negativas y positivas están en la misma dirección.

EP mostró mayor magnitud de cambio que EPA, tanto en RJ10 (0/3/97) como en DJ50 (1/17/82). Las diferencias entre ambos grupos para DJ30 fueron triviales (3/58/39). Además, EP alcanzó mayores ganancias sobre el rendimiento en saltos reactivos que GC (RJ10: 84/16/1; DJ30: 66/33/2; DJ50: 94/6/0). Por otro lado, EPA no parece mostrar un aumento significativo del rendimiento en los saltos reactivos, como así muestran los cambios respecto al GC (RJ10: 26/42/32; DJ30: 37/59/4; DJ50: 47/44/9).

Para los valores de CK no se observaron cambios entre EPA y EP (10/40/50). EPA mostró posiblemente mayores valores de CK que GC (69/28/4). Igualmente EP parece mostrar probablemente mayores concentraciones de CK que GC (88/11/1).

### Referencias bibliográficas

Brancaccio, P. Limongelli, F. y Maffulli, N. (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British Journal of Sport Medicine*, 40, 541-544.

Chulvi, I. y Masiá, L. (2009). «Aplicaciones prácticas de la evaluación de la fuerza en el campo de la salud». [En línea] Buenos Aires, junio de 2009. Año 14, nº 133. Disponible en web: <<http://www.efdeportes.com/efd133/aplicaciones-practicas-en-la-evaluacion-de-la-fuerza.htm>>. (Consulta realizada el 18 de noviembre de 2014).

González-Badillo J. J. y Ribas Serna J. (2002). *Bases de la Programación del Entrenamiento de la fuerza*. Zaragoza, España: INDE.

Grosser, M (1992). *Entrenamiento de la velocidad*. Barcelona, España: Martínez Roca.

Grosser, M. Starischka, S. (1988). *Test de la condición física*. Barcelona, España: Martínez Roca.

Litwin, J. y Fernández, G. (1982). *Evaluación y estadística aplicada a la educación física y el deporte*. Buenos Aires: Stadium.

Mac Dougall, J. D., Wenger H.A., Green, H. J (2005). *Evaluación Fisiológica del deportista*. (3ª Edición). Barcelona, España: Paidotribo.

Vasconcelos, A. (2005). *La Fuerza, Entrenamiento para Jóvenes*. (1ª Edición). Barcelona, España: Paidotribo.

Weineck, J. (2005). *Entrenamiento Total*. Barcelona, España: Paidotribo.

## **CAPÍTULO V**

# **DISCUSIÓN**



## DISCUSIÓN

Uno de los puntos más interesantes fue poder realizar ambos entrenamientos pliométricos en distintos contextos, además de llevar a cabo un primer estudio piloto con una duración de seis semanas y a raíz de estos resultados plantear un programa de diez semanas con un mayor número de test en los que poder basar nuestras futuras conclusiones.

En la literatura aparece reflejada una gran variedad de protocolos de entrenamiento pliométrico. En la siguiente tabla se resumen las características de los programas de entrenamiento utilizados en algunos estudios.

**Tabla 16. Características de los programas de entrenamiento utilizados en algunos estudios**

<i>AUTOR</i>	<i>DURACIÓN PROGRAMA</i>	<i>ALTURA DE CAÍDA DJ</i>	<i>Nº SALTOS/SESIÓN</i>	<i>TEST CON MEJORA</i>
Hakkinen y komi (1985)	24 semanas 72 sesiones	No específica	100-200	SJ (P<0,01)
Brown y cols. (1986)	12 semanas 36 sesiones	No específica	30	CMJ (P<0,05)
Gemar (1988)	8 semanas 16 sesiones	No específica	No específica	CMJ (P<0,05)
Wilson y cols. (1993)	10 semanas 30 sesiones	20-80 cm	30-60	CMJ (P<0,05) 10,3%
Diallo y cols. (2001)	10 semanas 30 sesiones	30-40 cm	200-300	CMJ (P<0,01) 11,6% SJ (P<0,01) 7,3% RJ15'' (P<0,01)
Matavulj y cols. (2001)	6 semanas 18 sesiones	50-100 cm	30	SJ (P<0,01) 12,8% SJ (P<0,01) 13,3%
Spurrs y cols. (2003)	6 semanas 15 sesiones	No específica	127 apoyos de media	CMJ (P<0,05)

*SJ = Squat Jump, CMJ = Counter Movement Jump, RJ15'' = Repeat Jump (15 segundos)*

El presente estudio fue diseñado para dilucidar las diferencias entre EPA y EP en las adaptaciones musculares relacionadas con los saltos en altura SJ, CMJ, DJ30/50 así

como la CK en los componentes sanguíneos. La pliometría como eje fundamental de los estudios realizados, se produjo gracias a un tipo de contracción muscular dinámica de estiramiento y acortamiento, tanto en el medio acuático como fuera de él.

La capacidad de salto en inmersión, tras los datos adquiridos para el SJ y CMJ, resalta que tanto el EPA como el EP aumentan la capacidad de salto sin encontrar diferencias significativas en programas de entrenamiento de 6 y 10 semanas. Sin embargo, durante la realización del estudio más prolongado, en su sexta semana de entrenamiento, el rendimiento en el salto vertical disminuye. En vista a los presentes resultados y los existentes en la bibliografía parece existir un volumen óptimo de entrenamiento, de manera que si realizamos un volumen diferente a éste, tanto por defecto como por exceso, no estaremos produciendo los mejores resultados sobre el rendimiento físico. Ciertos sugieren que un aumento del entrenamiento, en lugar de ofrecer beneficios, conducen a una reducción del rendimiento (Gonzalez-Badillo, Gorostiaga, Arellano, e Izquierdo, 2005; Gonzalez-Badillo, Izquierdo y Gorostiaga, 2006).

Estos resultados parecen estar de acuerdo con los estudios anteriormente señalados y que indican que un volumen bajo o moderado es más eficiente que un volumen de entrenamiento pliométrico superior (De Villarreal, González-Badillo e Izquierdo, 2008). Concretamente, Cadore et al. (2013) consideran que un total de 100 por sesión podría ser un estímulo apropiado para producir respuestas fisiológicas agudas en atletas bastante entrenados.

En cuanto a los resultados relacionados con DJ30/50 y RJ10, sólo el EP obtuvo mejoras significativas en las variables analizadas, mientras que EPA y GC se mantuvieron inalterados. Por este motivo, el entrenamiento en agua demasiado profunda podría inhibir el reflejo miotático y retrasar la velocidad del CEA en los EPA, lo que permite una transferencia más baja desde EPA al salto reactivo. Esto podría deberse a la profundidad de 2,20 m de la piscina que minimizaría la fase excéntrica de cada salto y eliminaría la posterior fase de aterrizaje así como un aumento del tiempo de contacto con el suelo durante cada salto.

Cabe señalar que a mayor altura de salto, mayores fueron las diferencias entre ambos grupos. Parece que cuanto mayor es la altura de caída del mismo, los músculos implicados tienden a aumentar la capacidad de almacenamiento de la energía en la caída y alcanzan una mayor altura posterior en el salto. Ningún estudio ha analizado hasta el momento los cambios que se producen en una prueba de salto repetitivos tras un EPA y pocos estudios lo hicieron como efecto del entrenamiento del salto en superficie rígida (Gehri et al., 1998; Shiran et al. 2008; Diallo et al. 2001; Saunders et al. 2006). El principio de especificidad podría explicar que la EPA no produce mejora en el rendimiento de DJ.

Los hallazgos del presente estudio sugieren que el EP parece producir mayores ganancias en el rendimiento en los saltos reactivos en relación al EPA aunque el daño muscular es mayor en el primero.

Ambos grupos de entrenamiento mostraron curiosamente una mayor concentración de CK en relación a los test 2 y 3, a pesar aumentar el volumen de entrenamiento de 300 a 500 (83,3%) por ciclo de sesión. Este hecho podría deberse a que los participantes se han adaptado al llevar a cabo una gran cantidad de saltos por sesión a través de los períodos de entrenamiento. Por lo tanto, parece que el aumento del volumen de entrenamiento no implica un aumento en el daño muscular y sí una disminución en la concentración de CK. El EP parece producir un estrés muscular mayor que el EPA (15,0% frente a 3,2%), siendo mayor la tensión muscular evaluada.

A modo de conclusión, mientras que el EPA y EP para SJ y CMJ producen cambios similares, el EP para saltos los reactivos DJ30/50 y RJ10 producen mayores ganancias respecto al EPA tras diez semanas de entrenamiento. Estas diferencias podría explicarse por el principio de especificidad, ya que EPA no experimenta la fase excéntrica o fase de tierra durante el período de entrenamiento, por lo tanto, las adaptaciones de estas fases se fueron mitigando.

Por otro lado, la disminución del rendimiento observado desde la quinta semana de entrenamiento podría indicar que un volumen de saltos mayor a 300 podría no producir mejoras en el rendimiento del mismo. Estudios previos relacionados con un volumen de entrenamiento desmesurado han encontrado que un entrenamiento excesivo

podría sobrecargar el sistema neuro-endocrino y limitar el desarrollo físico (Harriss y Atkinson, 2013; Hopkins et al., 2009).

Con respecto a la tensión muscular ejercida, parece que el EP produce mayor concentración de CK que el EPA (15,0% frente a 3,2%), lo que sugiere que el EPA produce poca tensión en los músculos, los huesos y el tejido conectivo debido a las fuerzas más bajas y a un menor impacto durante el aterrizaje en comparación con las actividades terrestres.

Por otro lado, la disminución del rendimiento observado en la quinta semana del programa de entrenamiento podría indicar que un volumen de entrenamiento superior a los 300 saltos por sesión no produce mayores mejoras en el rendimiento del salto. Por lo tanto, aunque el EPA parece ser un método de entrenamiento más seguro que el EP, cuando el rendimiento de un atleta depende de la capacidad de caer y ejecutar inmediatamente un salto vertical máximo hacia un objeto (DJ) o llevar a cabo acciones de alta intensidad repetitivas veces (RJ10), el acondicionamiento y el entrenamiento deben considerar el EP a fin de lograr mejoras en el rendimiento.

### Referencias bibliográficas

Brown, M.E., Mayhew, J.L. y Boleach, L.W. (1986). Effect of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 26(1):1-4.

Cadore E.L., Pinheiro E., Izquierdo M., Correa C.S., Radaelli R., Martins J.B., Lhullier F.L., Laitano O., Cardoso M., y Pinto R.S. (2013). Neuromuscular, hormonal, and metabolic responses to different plyometric training volumes in rugby players. *Journal Strength Conditioning Research*, 27: 3001-3010.

De Villarreal ES, Gonzalez-Badillo JJ, and Izquierdo M. (2008). Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *Journal Strength Conditioning Research*, 22: 715-725.

Diallo O., Dore E., Duche P., y Van Praagh E. (2001). Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *Journal Sports Medicine and Physical Fitness*, 41: 342-348.

Gehri D.J., Ricard M.D., Kleiner D.M., y Kirkendall D.T. (1998). A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. *Journal Strength Conditioning Research*, 12: 85-89.

Gemar, J.A. (1988). The effects of weight training and plyometric training on vertical jump, standing long jump and forty-meter sprint. Microform Publications. College of Human Development and Performance. University of Oregon. En Bobbert, M.F. (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Medicine*, 9(1): 7-22.

Gonzalez-Badillo, J. J., Gorostiaga, E. M., Arellano, R., e Izquierdo, M. (2005). Moderate resistance training volume produces more favorable strength gains than high or low volumes during a short-term training cycle. *Journal Strength Conditioning Research*, 19(3), 689-697.

Gonzalez-Badillo J.J., Izquierdo M., y Gorostiaga E.M. (2006). Moderate volume of high relative training intensity produces greater strength gains compared with low and high volumes in competitive weightlifters. *Journal Strength Conditioning Research*, 20: 73-81.

Hakkinen, K. y Komi, P. (1985). Effect of explosive strength training on electromyographic and force production characteristics of legs extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 7(2): 65-76.

Harriss D.J. y Atkinson G. (2013). Ethical standards in sport and exercise science research: 2014 update. *International Journal of Sports Medicine*, 34: 1025-1028.

Hopkins W.G., Marshall S.W., Batterham A.M., y Hanin J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine Science in Sports Exercise*, 41: 3-13.

Jiménez, A. (2005). Entrenamiento personal. Bases, fundamentos y aplicaciones. Barcelona: INDE.

Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J. y Jaric, S. (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *Journal Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2):159-164.

Saunders PU, Telford RD, Pyne DB, Peltola EM, Cunningham RB, Gore CJ, and Hawley JA. (2006). Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *Journal Strength Conditioning Research*, 20: 947-954.

Shiran M.Y., Kordi M.R., Ziaee V., Ravasi A., y Mansournia M.A. (2008). The effect of aquatic and land plyometric training on physical performance and muscular enzymes in male wrestlers. *Research Journal of Biological Sciences*, 3: 457-461.

Spurrs, R.W., Murphy, A.J. y Watsford, M.L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1):1-7.

Wilson, G.J.; Newton, R.U.; Murphy, A.J.; Humphries, B.J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 5(11): 1279-1286.

## CAPÍTULO VI

# CONCLUSIONES FINALES



## CONCLUSIONES FINALES

En este capítulo se presentan las conclusiones que arrojó el estudio, y se hace en función de los objetivos e hipótesis, así como el orden en que se plantearon los mismos.

1.- La participación en el estudio durante seis semanas de entrenamiento demuestra que ambos grupos mejoran el rendimiento, tanto en inmersión como en seco, sin que se produzcan diferencias significativas para un período de 6 semanas, tanto en el salto vertical SJ como CMJ. Teniendo el grupo EPA y EP una tendencia a seguir mejorando al cabo de seis semanas, siendo éste último período y carga de trabajo los óptimos.

2.- El EPA y EP produce a lo largo de 6 semanas mejoras no significativas en el rendimiento del salto vertical, siendo el EP una mejor opción para la obtención de mejores valores tras un período de 10 semanas.

3.- Se produce un punto de inflexión a partir de los 350 saltos por sesión, por este motivo, el incremento del volumen de entrenamiento reduce los resultados obtenidos en lugar de incrementarlos.

4.- El EP obtuvo mejoras significativas en las variables analizadas para DJ30/50 y RJ10. Sin embargo, los saltos en profundidad no obtienen mejores resultados en los EPA tras 10 semanas de entrenamiento, debido, probablemente, a la especificidad del salto y a inhibición del reflejo miotático así como al retraso de la velocidad del CEA.

5.- Ambos grupos de entrenamiento mostraron curiosamente una mayor concentración de CK en relación a los tests 2 y 3, a pesar de aumentar el volumen de entrenamiento de 300 a 500 (83,3%) por ciclo de sesión. Sin embargo, el EP parece producir un estrés muscular mayor que el EPA (15,0% frente a 3,2%), siendo mayor la tensión muscular evaluada.



## **CAPÍTULO VII**

# **LIMITACIONES ENCONTRADAS**



## LIMITACIONES ENCONTRADAS

En este apartado se presentan, según los resultados y las experiencias que se generaron a través de todo el proceso de investigación las reticencias halladas:

1.- La imposibilidad de reproducir en el mismo contexto los saltos realizados durante el estudio piloto (n=12) de 6 semanas para el EPA en los entrenamientos con duración de 10 semanas, al aumentar la muestra (n=20) y no existir espacio físico para la misma, para ello se hizo uso de la orilla de una piscina de 25m.

2.- La inexistencia de estudios relacionados con el RJ10 o repetición de diez saltos verticales consecutivos y el EPA, impidió la posibilidad de hacer comparaciones con los resultados obtenidos.

3.- El final del estudio junto con el alto volumen de saltos repetitivos realizados en los entrenamientos durante la novena y décima semana, 500 y 550 saltos por sesión respectivamente, pudo haberse reflejado en la motivación de los participantes.

4.- La dificultad de acceso a un mayor número de estudios de EPA con los que cotejar nuestras conclusiones debido a que son a son algo limitados, lo que en contrapartida podría aumentar el interés de la presente investigación.

5.- La disponibilidad de la piscina como instalación deportiva para el uso de los entrenamientos, el compromiso de los participantes, así como los espacios de tiempo estipulados para la posterior recuperación, hizo limitar el programa a tan sólo dos días de entrenamientos semanales.



## CAPÍTULO VIII

# FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN



## FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Fruto de los resultados obtenidos y que completan la presente tesis doctoral, se puede concluir que, como novedad fundamental, se han incorporado otros modelos de entrenamiento pliométrico desarrollados en un medio acuático. Tras el análisis de algunas de las conclusiones, pensamos que sería conveniente e interesante profundizar en los siguientes aspectos como futuras líneas de investigación:

1.- Comprobar si los resultados con una muestra heterogénea en cuanto a sexo o exclusivamente de mujeres, al igual que se hizo en el presente estudio con sólo varones, presentan los mismos resultados.

2.- Determinar si otro rango de edades, población infantil o tercera edad, muestran del mismo modo los valores similares.

3.- Estudiar si existe una correlación positiva con otros contextos de entrenamiento de superficie no rígida como el acuático. Ejemplo de ello pudiera ser la arena, el césped o una fina colchoneta.

4.- Conocer la relación que se puede establecer con otros test de saltos verticales como: el test de Sargent o test de saltar y llegar, medición realizada mediante una planta vertical de 2m situada a 1,5m del suelo; el test de Abalakov ejecutado con los brazos libres, medición realizada a través de una correa métrica fijada a la cintura; el test de Dal Monte ejecutado con los brazos libres, medición realizada mediante un cinturón que refleja un haz de luz a través infrarrojos hasta una columna situada de pie y enfrente.

5.- Justificar los entrenamientos planteados para deportes como la natación en los que hay implícito un gesto propio de flexo-extensión de las extremidades inferiores en una determinada fase: las salidas o los virajes.



## CAPÍTULO IX

# ESTUDIOS INTEGRANTES DE LA INVESTIGACIÓN

## **Estudio I. Entrenamiento pliométrico acuático.**

**Título:** Entraînement pliométrique aquatique

**Autores:** Jurado-Lavanant, A.; Fernández-García; J.C.; Alvero-Cruz, J.R.

**Revista:** Science & Sport

**Volumen:** 28

**Página inicial:** 88

**Página final:** 93

**Año de publicación:** 2013

### **RESUMEN**

**Objetivos:** Le but de cette étude est de comparer les effets du saut vertical pendant un programme d'entraînement pliométrique aquatique (EPA) et programme d'entraînement hors de l'eau (EHE).

**Participants et méthodes:** Vingt-quatre étudiants d'éducation physique (âge:  $21,2 \pm 2,7$  ans; taille:  $177,1 \pm 4,4$  cm; poids:  $74,2 \pm 7,9$  kg; % graisse:  $19,5 \pm 5,1$ ) y ont participé. Ils ont été répartis dans un groupe ( $n = 12$ ) d'EPA et en un groupe ( $n = 12$ ) d'EHE. Tous ont suivi deux sessions d'entraînement par semaine pendant six semaines et quatre tests (initial, deux intermédiaires et final). La performance a été évaluée par le Squat Jump (SJ) et le Counter Movement Jump (CMJ) par la plate-forme de Bosco.

**Résultats:** Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différences importantes entre les deux groupes ( $\alpha > 0,05$ ). En revanche, aussi bien le groupe EPA que celui EHE améliorent leur capacité de saut entre le premier et le dernier test avec le SJ ( $0,38 \pm 0,77$  m versus  $0,37 \pm 0,03$  m).

**Conclusion:** L'exercice de l'EPA apporte les mêmes bénéfices que ceux de l'EHE et présenterait moins de risques du fait qu'il diminue le risque de lésions des membres inférieurs car l'impact sur les articulations est moindre.

### **MOTS CLÉS**

Squat Jump; Counter Movement Jump; Pliométrie; Immersion.

### **DOI**

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2012.08.004>

**Estudio II. Efectos del entrenamiento pliométrico acuático  
vs seco sobre el salto vertical.**

**Título:** Efectos del entrenamiento pliométrico acuático vs. seco sobre el salto vertical.

**Autores:** Jurado-Lavanant, A.; Fernández-García; J.C.; Pareja-Blanco, F.; Alvero-Cruz, J.R.

**Revista:** Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (RIMCAFD)

**Volumen:** Pendiente de publicación / In press.

**Página inicial:** Pendiente de publicación / In press.

**Página final:** Pendiente de publicación / In press.

**Año de publicación:** Pendiente de publicación / In press.

**RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue comparar los efectos de dos programas de entrenamiento pliométrico (inmersión vs. seco) sobre el salto vertical. 65 hombres físicamente activos fueron asignados aleatoriamente a tres grupos: entrenamiento pliométrico acuático (EPA, n 20), entrenamiento pliométrico (EP, n=20) y grupo control (GC, n=25). Los grupos EPA y EP entrenaron 2 sesiones por semana durante 10 semanas, mientras que GC no realizó entrenamiento alguno. El volumen de entrenamiento fue aumentado desde 10 series de 10 repeticiones en la primera semana hasta 10 series de 55 repeticiones en la última. Tanto EPA como EP aumentaron su rendimiento en CMJ y SJ con respecto al pretest ( $P \leq 0,001$ ) sin encontrar diferencias significativas entre grupos, mientras que GC no mostró cambios. Como conclusión, el EPA puede ser un método alternativo a EP ya que ambos producen similares mejoras sobre el salto vertical y el estrés mecánico producido por EPA es menor.

**PALABRAS CLAVE:** Salto con contramovimiento, salto sin contramovimiento, pliometría, inmersión, fuerza.

**Estudio III. Los efectos del entrenamiento pliométrico acuático en los saltos repetitivos, salto profundo y daño muscular.**

**Título:** The Effects of Aquatic Plyometric Training on Repeated Jumps, Drop Jumps and Muscle Damage.

**Autores:** Jurado-Lavanant, A.; Alvero-Cruz, J.R.; Pareja-Blanco, F.; Melero-Romero C.; Rodríguez-Rosell, D; Fernández-García J.C.

**Revista:** International Journal of Sports Medicine (IJSM).

**Volumen:** Pendiente de publicación / In press.

**Página inicial:** Pendiente de publicación / In press.

**Página final:** Pendiente de publicación / In press.

**Año de publicación:** Pendiente de publicación / In press.

**RESUMEN**

The purpose of this study was to compare the effects of land- vs. aquatic based plyometric training on programs on the drop jump, repeated jump performance and muscle damage. 65 male students were randomly assigned to one of 3 groups: aquatic plyometric training group (APT), plyometric training group (PT) and control group (CG). Both experimental groups trained twice a week for 10 weeks performing the same number of sets and total jumps. Prior to, halfway through and after the training programs, the following variables were measured: creatine kinase (CK) concentration, maximal height during a drop jump from the height of 30 (DJ30) and 50 cm (DJ50), and mean height during a repeated vertical jump test (RJ). The training resulted in a significant increase ( $P < 0.01-0.001$ ) in RJ, DJ30, and DJ50 for PT, whereas neither APT nor CG reached any significant improvements. APT showed likely/possibly improvements on DJ30 and DJ50, respectively. Greater intra-group ES in CK was found for PT when compared to APT. In conclusion, although APT appears to be a safe alternative method for reducing the stress produced on the musculoskeletal system by plyometric training, PT seems to produce greater gains on reactive jumps performance than APT.

**DOI**

**10.1055/s-0034-1398574**

**Published on line: Int J Sports Med 2015**

## **Anexo: Entrenamiento pliométrico acuático**

**Título:** Aquatic plyometric training

**Autores:** Jurado-Lavanant, A.; Fernández-García J.C.; Pareja-Blanco, F.; Alvero-Cruz, J.R.;

**Revista:** Revista de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Católica San Antonio.

**Volumen:** 9

**Página inicial:** 144

**Página final:** 144

**Año de publicación:** 2014

### **RESUMEN**

Plyometric training is a very popular form of physical conditioning of healthy individuals that has been extensively studied over the last 3 decades (1, 2, 3). Despite the widespread acceptance, several researchers (4) have questioned the efficacy and highlighted the potential risks of plyometric training programs as a conditioning technique. Aquatic plyometric training (APT) might be an alternative method to develop the conditioning and safer than landbased plyometric training (PT). Therefore, the purpose of this study was to compare the effects of APT versus PT on vertical jump.

### **METHODS**

Thirty-six students of Physical Education (age:  $21.0 \pm 2.6$  years; height:  $1.77 \pm 0.04$  m; weight:  $74.9 \pm 8.2$  kg; % fat:  $19.7 \pm 5.0$ ) took part in this study. They were randomly assigned in one of three groups: aquatic plyometric group (APT,  $n = 12$ ), land-based plyometric group (PT,  $n = 12$ ) and control group (CG,  $n = 12$ ). The training program was performed for 6 weeks with a frequency of 2 sessions per week. Volume was increased from 10 sets of 10 repetitions to 10 sets of 35 repetitions. The performance was evaluated by the squat jump (SJ) and the countermovement jump (CMJ) by Bosco's platform.

### **RESULTS**

After plyometric training, APT and PT obtained significant increases in SJ ( $p \leq 0.01$ ) and CMJ ( $p \leq 0.05$ ), whereas CG remained unaltered. Any significant difference was

found between groups, however APT and PT reached almost significantly ( $p = 0.07$ ) greater improvements than CG in CMJ. Furthermore, in SJ only APT showed almost significantly ( $p = 0.06$ ) higher increases than CG.

## DISCUSSION

APT and PT produced similar improvements on height jump (SJ and CMJ) after 6-wk plyometric training. Both groups were effective to increase the jump performance, but the lower stress produced the buoyancy of water in APT might reduce the potential risks of plyometric training programs (4, 5, 6). In conclusion, APT may be an alternative method to PT, because both training protocols produce similar gains on vertical jump but APT might cause lower mechanical stress.

## REFERENCES

1. Markovic G. & Mikulic P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*. 40(10):859-895.
2. Márquez García FJ. (2013). Evaluación de la fuerza relativa de las extremidades superiores con la plataforma de Bosco. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2(2):1-15.
3. Stemm JD & Jacobson BH. (2007). Comparison of Land- and Aquatic- Based Plyometric Training on Vertical Jump Performance. *Journal Strength Conditioning Research*. 21(2): 568-571.
4. Miller MG, Berry DC, Bullard S & Gilders R. (2002). Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during and 8-week training period. *Journal Sport Rehabilitation*. 11:268-283.
5. Martel GF, Harmer ML, Logan JM & Parker CB. (2005). Aquatic Plyometric Training Increases Vertical Jump in Female Volleyball Players. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37(10):1814-1819.
6. Jurado-Lavanant A, Fernández-García JC & Alvero-Cruz JR. (2013). Entraînement pliométrique aquatique. *Science & Sports*. 28: 88-93.

## DOI

10.12800/ccd