



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO SOCIAL

DEPARTAMENTO DIDÁCTICA DE LA EXPRESIÓN
MUSICAL, PLÁSTICA Y CORPORAL

TESIS DOCTORAL:

**MODELO EXPERIMENTAL DE PRESCRIPCIÓN
DEL EJERCICIO APLICADO AL ÁMBITO DEL
FITNESS Y RECREATIVO**

Presentada por D. Manuel V. Garnacho Castaño para optar
al grado de

doctor por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:

Dr. José Luis Maté Muñoz

Dr. Antonio J. Monroy Antón

Si es bueno vivir, todavía es mejor soñar, y lo mejor de todo, despertar.

Antonio Machado

-¿Quieres decirme, por favor, qué camino debo tomar para salir de aquí?- dijo Alicia
-Eso depende mucho de a dónde quieres ir - respondió el Gato.
-Poco me preocupa a dónde ir - dijo Alicia.
-Entonces, poco importa el camino que tomes - replicó el Gato-

Alicia en el País de las Maravillas

Lewis Carroll

"Pienso, luego existo"

Rene Descartes

"A mis padres y a mis hermanos, con amor"

Agradecimientos:

Quiero agradecer la colaboración de muchas personas que, desinteresadamente, han hecho posible la consecución de esta tesis doctoral. Sin su esfuerzo, dedicación y generosidad no hubiese sido posible conseguirlo. A todos ellos, ¡¡Gracias de corazón!!.

A mi gran amigo, compañero de fatigas y Codirector de Tesis D. José Luis Maté. Sin duda alguna “alma máter” de este proyecto de investigación. Sin la aportación de tus conocimientos, tu apoyo, tu motivación, tu deseo y tu paciencia para formarme y adiestrarme no lo hubiera logrado.

A mi buen amigo y Codirector de Tesis D. Antonio Monroy. Tus sabios consejos, tu aportación y tu conocimiento han servido para orientarme y guiarme en muchas de las decisiones tomadas. Gracias por tu tiempo.

A mi gran amigo Arturo Muñoz “Turi”, por todo ese tiempo que hemos trabajado juntos en este proyecto y sobre todo, por tu esfuerzo. Tu generosidad es impagable.

A D. Juanjo Méndez, por su inestimable colaboración en la confección de la escala.

A los alumnos de Ciencias de la Actividad Física y Deporte por su inestimable colaboración, por quitar horas de estudio y de su tiempo libre para que el proyecto llegara a buen puerto.

A la Universidad Alfonso X El Sabio por cedernos las instalaciones y materiales que fueran precisos.

Al Gimnasio Físico de Madrid por su colaboración, dejándonos todos los aparatos inestables que fueran necesarios.

A mis amigos de toda la vida Pinolo, Aspar, Carlos etc., etc., etc. Por vuestros ánimos y por estar siempre ahí.

A mi hermana Marián, por transmitirme su bondad, comprensión y gusto por las cosas bien hechas.

A mi hermano Toro, por trasmitirme su fuerza y su energía. Por servirme en bandeja su corazón y ayudarme a descubrir que el amor es un condimento esencial en todo lo que haces.

A mis padres. No hay suficientes palabras, ni sonrisas, ni lágrimas, ni emociones que puedan expresar lo que realmente significáis..... ¡¡Gracias!!

ÍNDICE

SECCIÓN I. INTRODUCCIÓN	1
1. Introducción	2
SECCIÓN II. MARCO TEÓRICO	7
BLOQUE I. CONCEPTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES DE ESTUDIOS EN EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA CON RESISTENCIAS Y SUPERFICIES INESTABLES	8
<i><u>CAPÍTULO I. LA FUERZA EN EL ÁMBITO FÍSICO-DEPORTIVO</u></i>	9
1. Conceptualización. La fuerza: “De la física al Entrenamiento Deportivo”	9
2. ¿Qué es el entrenamiento con resistencias?	13
3. ¿Qué es el entrenamiento con superficies inestables?	16
4. ¿Qué relación se puede establecer entre el entrenamiento con resistencias y las superficies inestables?	19
<i><u>CAPÍTULO II. EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS Y APARATOS INESTABLES</u></i>	21
1. Antecedentes de estudios en el entrenamiento con resistencias	21
1.1 Entrenamiento con resistencias y la fuerza muscular.....	21
1.2 Entrenamiento con resistencias y la potencia muscular.....	24
1.3 Entrenamiento con resistencias y la resistencia muscular.....	28

1.4 Entrenamiento con resistencias y la resistencia cardiovascular...	31
2. Antecedentes de estudios en el entrenamiento con inestabilidades.	37
BLOQUE II. ANÁLISIS DE LOS FACTORES FUNDAMENTALES CONSIDERADOS EN EL DISEÑO DEL MODELO DE PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO.....	46
<i>CAPÍTULO III. LA PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO</i>	47
1. Componentes elementales en el diseño de un programa de entrenamiento.....	47
1.1 Principios del entrenamiento.....	47
1.2 Los ejercicios.....	56
1.3 La Frecuencia de entrenamiento.....	71
1.4 Los componentes de la carga de entrenamiento.....	75
1.5 Los recursos materiales.....	94
<i>CAPÍTULO IV. EL ENTRENAMIENTO EN CIRCUITO</i>	98
1. Orígenes y concepto.....	98
2. Antecedentes de estudio.....	100
3. Factores a considerar en el diseño del programa de entrenamiento en circuito.....	104
4. Principios metodológicos.....	105
4.1 Selección de los ejercicios.....	106
4.2 Número de ejercicios/estaciones.....	107

4.3 Determinación de la carga. Nº de repeticiones.....	107
4.4 Progresión de la carga.....	110
4.5 Alternancia de los grupos musculares.....	111
4.6 Ejecución Técnica de los ejercicios.....	111
4.7 Reglas pedagógicas.....	111
BLOQUE III. EL PAPEL DE LA PERCEPCIÓN SUBJETIVA DEL ESFUERZO EN EL DISEÑO DEL MODELO DE PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO.....	113
<u>CAPÍTULO V. RATING DEL ESFUERZO PERCIBIDO. LA ESCALA DE BORG</u>	114
1. Orígenes y concepto.....	114
2. La Escala de Borg.....	116
2.1 Validez y fiabilidad.....	119
2.2 Relación entre la RPE y la fuerza muscular.....	120
2.3 La RPE como parámetro de cuantificación de la intensidad en las sesiones de entrenamiento con resistencias.....	121
2.4 La RPE como parámetro de cuantificación de la intensidad en un programa de entrenamiento con resistencias periodizado.....	124
2.5 La RPE y la adherencia al ejercicio.....	125
BLOQUE IV. EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	130
<u>CAPÍTULO VI. INTERPRETACIÓN DEL PROBLEMA Y APORTACIONES</u>	132
1. Contexto.....	132
2. Importancia de la fuerza en el ámbito del fitness.....	132

3. Identificación del problema.....	133
3.1 La necesidad de controlar y prescribir los estímulos.....	136
3.2 La contribución de la RPE en la prescripción del entrenamiento con resistencias y superficies inestables.....	139
3.3 La aportación emocional de la RPE en la prescripción del ejercicio.....	141
4. La prescripción del ejercicio adaptada al ámbito del fitness.....	141
SECCIÓN III. PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	143
<i><u>CAPÍTULO VII. OBJETIVOS E HIPÓTESIS</u></i>	144
1. Objetivos.....	144
1.1 Generales.....	144
1.2 Específicos.....	144
2. Hipótesis.....	147
<i><u>CAPÍTULO VIII. ORGANIZACIÓN Y PERIODIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</u></i>	149
1. Fase inicial de evaluación.....	150
1.1 Estructuración y organización de los test.....	150
1.2 Periodización de la fase inicial de evaluación.....	151
2. Desarrollo del proceso de entrenamiento o intervención.....	151

2.1 Fase de familiarización.....	151
2.2 Fase de entrenamiento.....	152
3. Fase final de evaluación o postest.....	152
3.1 Estructuración y organización de los test.....	152
3.2 Periodización de la fase final de evaluación.....	153
SECCIÓN IV. MATERIAL Y MÉTODOS	155
<i>CAPÍTULO IX. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</i>	156
1. Características del diseño.....	156
2. Sujetos participantes en el estudio.....	158
2.1 Selección y características de la muestra.....	158
2.2 Criterios para la clasificación de la muestra.....	161
3. Variables analizadas y plan de evaluación.....	161
3.1 Modelo experimental de prescripción del ejercicio (Variable independiente).....	161
3.2 Capacidades condicionales evaluadas (Variables dependientes).	163
3.3 Variables contaminantes.....	166

4. Propuesta y procedimientos de las evaluaciones.....	171
4.1 Procedimiento de la evaluación de las variables cardiorrespiratorias. Prueba incremental en tapiz rodante.....	172
4.2 Procedimiento de la evaluación de las variables relacionadas con la capacidad de salto.....	173
4.3 Procedimiento de la evaluación de las variables relacionadas con la fuerza de las extremidades superiores e inferiores.....	176
4.4 Recursos materiales.....	181
4.5 Recursos humanos.....	186
5. Diseño del modelo de prescripción del ejercicio.....	187
5.1 Fase de familiarización.....	187
5.2 Desarrollo del programa de entrenamiento.....	187
6. Técnicas de análisis estadístico.....	201
SECCIÓN V. RESULTADOS	204
<i><u>CAPÍTULO X. VARIABLES CARDIORRESPIRATORIAS</u></i>	205
<i><u>CAPÍTULO XI. VARIABLES DE LA CAPACIDAD DE SALTO Y FUERZA</u></i>	214

1. Resultados de la capacidad de salto.....	214
2. Resultados de la fuerza.....	217
2.1 Sentadilla Completa.....	217
2.2 Press de banca.....	221
<i><u>CAPÍTULO XII. RESULTADOS DE LA RPE</u></i>	225
1. Desarrollo de un modelo de escala de percepción del esfuerzo.....	229
SECCIÓN VI. DISCUSIÓN.....	231
<i><u>CAPÍTULO XIII. DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS CARDIORRESPIRATORIOS</u></i>	232
<i><u>CAPÍTULO XIV. DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS DE FUERZA Y CAPACIDAD DE SALTO</u></i>	248
<i><u>CAPÍTULO XV. DISCUSIÓN SOBRE EL MODELO DE PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO</u></i>	259
SECCIÓN VII. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS.....	266
<i><u>CAPÍTULO XVI. CONCLUSIONES</u></i>	267
<i><u>CAPÍTULO XVII. LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS DE ESTUDIO</u></i>	270

SECCIÓN VIII. BIBLIOGRAFÍA..... 273

CAPÍTULO XVIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 274

SECCIÓN IX. ANEXOS 343

ANEXO I. FICHA DE DATOS, HISTORIAL CLÍNICO Y DEPORTIVO 344

ANEXO II. INFORME DE CONSENTIMIENTO 347

ANEXO III. RUTINAS DE ENTRENAMIENTO 348

ANEXO IV. MODELO FICHA CONTROL DE ENTRENAMIENTO 350

ANEXO V. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS, GRÁFICOS Y ESQUEMAS 351

ANEXO VI. ÍNDICE DE ABREVIATURAS 358

SECCIÓN I

INTRODUCCIÓN

Cada vez son más el número de personas de todas las edades que van tomando conciencia de la importancia de crear en su vida cotidiana, hábitos relacionados con la práctica de actividad física y deportiva como medio para conseguir un bienestar físico y mental. La dimensión del concepto “salud” se expande en diversas direcciones:

- i. La salud y, en concreto, intentar estar sano está de moda. La sociedad moderna tiene conocimiento de los beneficios que reporta la práctica físico-deportiva (salud física y mental, ocio, tiempo libre, disfrute, etc.). Es un aspecto que se debe aprovechar para institucionalizar el “ejercicio físico” y “la educación física” como parte fundamental de la evolución del ser humano.
- ii. La imagen corporal se está convirtiendo en una moda difícil de contener y peligrosa, sobre todo si no se tiene la autopercepción psicológica y el reconocimiento social deseado.
- iii. Para satisfacer estas urgencias psicosociales, el “fitness” se ha convertido en la actividad física y deportiva más practicada de los tiempos modernos, y su expansión parece infinita.

Según el ACSM¹, el fitness se define como “Un estado que se caracteriza por...”:

- a. La capacidad para realizar diariamente actividades con vigor y,

- b. Una demostración de rasgos y capacidades asociadas con un bajo riesgo de desarrollar prematuramente enfermedades hipocinéticas (derivadas de la inactividad físico-deportiva).

El término “fitness” es un concepto dimensional que hace alusión a dos nociones diferentes pero estrechamente vinculadas entre sí. La primera acepción está asociada a un estado general de bienestar y salud, físico y mental, combinando hábitos de vida saludable con la práctica de actividad física y deportiva sostenida en el tiempo. La segunda noción engloba a aquellas actividades físico-deportivas específicas, conocidas comúnmente con el nombre de “fitness” y que son realizadas en determinados espacios o instalaciones deportivas.



Sin duda alguna, el entrenamiento de la fuerza con resistencias es de las

actividades más habituales entre los practicantes del fitness. Más de 80 millones de usuarios en Europa y EEUU realizan programas de entrenamiento relacionados con la fuerza por diferentes motivos, pero principalmente podemos enfatizar en dos: la salud y la estética corporal^{2,3}.

Las evidencias científicas ratifican la importancia del desarrollo de la fuerza para mejorar el rendimiento y la calidad de vida, tanto a nivel físico como mental. A lo largo del presente documento, cuando utilicemos el término rendimiento no sólo estaremos reflejando aspectos relacionados con el entrenamiento deportivo. También haremos alusión a situaciones propias de la vida cotidiana donde el incremento del rendimiento también es determinante para conseguir ciertos objetivos relacionados con la mejora de la salud y la calidad de vida.

La eficacia de los programas de entrenamiento, o dicho de otra manera, la consecución de los objetivos propuestos por los participantes está vinculado a diversos factores, aunque en el ámbito del fitness destacamos dos principalmente. El primero lo relacionamos con la evolución tecnológica y el segundo con la prescripción del ejercicio.

En la época actual, donde la evolución tecnológica nos desborda, es un hecho evidente que el fitness no se queda atrás. Cada vez son más y mejores los recursos materiales que se disponen, y demasiados los intereses comerciales. Sin embargo, a pesar de esta revolución tecnológica sigue habiendo graves

problemas de origen, de “no fácil” solución. El sedentarismo y el abandono por parte de los practicantes de las actividades físico-deportivas iniciadas, siguen siendo dos contrariedades que la sociedad actual no acaba de resolver. Quizás, la principal causa sea una falta de consecución de los objetivos propuestos en los programas de entrenamiento relacionados con el estilo de vida⁴, salud⁵, imagen corporal⁶, motivación⁷, disfrute⁸, etc.

Si la masificación tecnológica en el ámbito del fitness es una bala que siempre tendremos en la recámara, por evidentes motivos comerciales, y que no acaba de erradicar dicho problema, consideramos que es necesario un mayor énfasis y evolución en la prescripción de adecuados programas de entrenamiento, adaptados a las necesidades de los participantes y a la continua evolución tecnológica. Sobre todo, porque no se han creado planes óptimos de periodización en el entrenamiento de fuerza con resistencias, y no se han desarrollado métodos validados para cuantificar los estímulos del entrenamiento⁹.

Probablemente, el compendio entre los recursos materiales y la prescripción del ejercicio sea la fórmula idónea para gestionar el proceso de entrenamiento, evitando el abandono prematuro de los programas de entrenamiento. Consideramos que adecuados y abundantes recursos materiales son insuficientes sin una buena prescripción del ejercicio y éstos, a su vez, contribuirán a mejorar

la eficacia de los programas de entrenamiento.

Por las razones expuestas, el objetivo principal que nos hemos marcado en este estudio es mejorar el nivel de condición física general mediante el desarrollo de un modelo experimental de prescripción del ejercicio aplicado a dos modalidades de ejercicios de fuerza: el tradicional y efectivo entrenamiento con resistencias y el novedoso con aparatos inestables. La modulación de los estímulos o cargas de entrenamiento se efectuó combinando la percepción subjetiva del esfuerzo y los principios que rigen todo proceso de entrenamiento.

SECCIÓN II

MARCO TEÓRICO

B
L
O
Q
U
E

I

CONCEPTUALIZACIÓN Y
ANTECEDENTES DE ESTUDIOS EN
EL ENTRENAMIENTO DE LA
FUERZA CON RESISTENCIAS Y
SUPERFICIES INESTABLES

CAPÍTULO I. LA FUERZA EN EL ÁMBITO FÍSICO-DEPORTIVO.

1. CONCEPTUALIZACIÓN. LA FUERZA: “DE LA FÍSICA AL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO”.

Desde que Arquímedes describió originariamente el concepto de Fuerza, se han desarrollado multitud de definiciones adaptadas al conocimiento de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, provocando infinidad de controversias y dando lugar en muchos aspectos a la incertidumbre conceptual. En la actualidad se contempla una diferenciación entre el concepto de Fuerza como magnitud física y el aplicado en el ámbito del entrenamiento deportivo.

La palabra fuerza deriva del latín “*forrita*”, cuyo concepto emana de la palabra griega “*δύναμις*” (dinámica). Por consiguiente, podemos expresar que la dinámica es la parte de la física que estudia las fuerzas y, por tanto, debemos definir el concepto de fuerza cuantitativamente para englobarlo como magnitud física. Desde esta perspectiva, definimos la fuerza como toda causa capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo¹⁰.

Otros autores la definen como la causa de deformar los cuerpos, bien por presión (compresión o intento de unir las moléculas de un cuerpo) o por estiramiento o tensión (intento de separar las moléculas de un cuerpo)¹¹. Como diría McGinnes (1999)¹², la fuerza es empujar o tirar de algo, o como explican Luttgens y Wells (1983)¹³ aquello que empuja o tira por medio de un contacto

mecánico directo o por la acción de la gravedad, y que altera o varía el movimiento de un objeto.

De las interpretaciones del concepto de fuerza como magnitud física se ha ido derivando a la noción de fuerza en otros ámbitos del saber científico, estrechamente vinculados a la “Teoría del Entrenamiento Deportivo”, “Fisiología del Ejercicio”, “Biomecánica”, etc. Varios autores se alejan de la concepción de fuerza como magnitud física y hablan de la capacidad de fuerza¹⁴ o fuerza muscular¹⁵.

En la literatura científica relacionada con la Fisiología del Ejercicio se define como la máxima tensión que un músculo o grupo muscular pueden generar^{16,17}. Esta acepción ha generado debates basados en la interpretación del término “máxima tensión”, ya que estaríamos haciendo alusión a un solo tipo de tensión de carácter máximo, desechando las diferentes posibilidades que ofrecen las variadas manifestaciones de la fuerza. Siguiendo con esta conceptualización fundamentada fisiológicamente, se define la fuerza como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse, dependiendo del número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina¹⁸, el número de sarcómeros en paralelo, la tensión específica o fuerza que una fibra puede ejercer por unidad de sección transversal¹⁹ ($\text{N}\cdot\text{cm}^{-2}$), la longitud de la fibra y del músculo, los tipos de fibra, los factores facilitadores e inhibidores de la activación muscular²⁰.

Desde un punto de vista mecánico, la definición de fuerza se centraliza en el efecto externo producido por la acción muscular, la atracción de la gravedad o la inercia de un cuerpo. Desde este prisma, Kroemer (1999)¹⁵ explica la fuerza muscular como la capacidad de un músculo para generar y transmitir tensión en la dirección de sus fibras. Además, diferencia la fuerza corporal como la capacidad de aplicar tensión a través de un segmento corporal a un objeto.

Evolucionando hacia un pensamiento más próximo al Entrenamiento Deportivo encontramos las interpretaciones de Kuznetsov (1989)²¹, Ehlenz y cols. (1990)²², Manno (1991)²³, Harre y Hauptmann (1994)¹⁴, Zatsiorsky (1995)²⁴ o Hartman y Tünnemann (1996)²⁵. Según estos autores, se define como la capacidad de vencer u oponerse a una resistencia externa mediante una tensión muscular. Para Bompa (1993)²⁶ el concepto de fuerza está ligado a la capacidad neuromuscular de vencer una resistencia externa e interna.

Por su parte, Tous (1999)²⁷ considera que el concepto de fuerza más adecuado y completo es el que establecen Siff y Verkhoshansky (1996)²⁸: “Capacidad de un músculo o grupos musculares de generar tensión muscular bajo condiciones específicas”. Esta noción es similar a la efectuada por Weineck (1988)²⁹, ya que dicho acercamiento conceptual entraña una gran dificultad debido a la propia complejidad de las distintas modalidades de la fuerza, trabajo muscular, activación muscular, etc., bajo condiciones específicas. Además, el hecho de no describir la magnitud de la tensión muscular permite abarcar un dilatado abanico

de posibilidades, haciéndola más práctica.

González Badillo y Gorostiaga (1995)³⁰ la definen como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse, por lo que obvian las condiciones en las que se produce esa tensión muscular²⁷. Estos autores también hacen referencia al término “Fuerza útil” enfocado al ámbito deportivo, y la definen como aquella manifestación que somos capaces de aplicar a la velocidad que se realiza el gesto deportivo. Un deportista no tiene un nivel de fuerza máxima (FM) único, sino muchos diferentes en función de la velocidad a la que se mida la FM generada³⁰. Otra concepción muy acertada y práctica desde nuestro punto de vista, la establecen Grosser y Müller (1989)³¹. La definen como la capacidad del sistema neuromuscular de superar resistencias a través de la actividad muscular (trabajo concéntrico), de actuar en contra de las mismas (trabajo excéntrico), o bien de mantenerlas (trabajo isométrico).

Para Knuttgen & Kraemer (1987)³² y Knuttgen & Komi (1992)³³ la fuerza muscular es la habilidad que posee un músculo o grupo muscular para generar/aplicar una fuerza máxima contra una resistencia dada y a una velocidad específica. La fuerza muscular se desarrolla mediante una serie de ejercicios específicos, utilizando unos medios y métodos determinados como el entrenamiento con pesas, el entrenamiento con resistencias progresivo, la calistenia, los ejercicios pliométricos y el entrenamiento en circuito, entre otros³⁴.

Nuestra contribución conceptual es relativa al término de fuerza muscular.

Desde esta perspectiva, la definimos como la capacidad que tiene el sistema neuromuscular para producir una tensión muscular específica, adaptando las acciones musculares necesarias para mantener, controlar y/o superar una resistencia o sobrecarga, bien sea la del propio cuerpo y/o añadida externamente. El éxito motor dependerá de la eficacia del sistema neuromuscular para activar las motoneuronas precisas, que generen la tensión muscular específica necesaria implícita en el gesto motor requerido.

Para finalizar este apartado, utilizamos una serie de términos en inglés, relacionados con la fuerza que consideramos básicos para el conocimiento y la comprensión del documento (Gráfico 2.1.1).

2. ¿QUÉ ES EL ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS?.

El “entrenamiento con resistencias” o “resistance training” (RT) es una terminología empleada para definir una modalidad de entrenamiento cuyo objetivo es el desarrollo de la fuerza y/o la tolerancia muscular utilizando pesos libres, máquinas especiales y otros medios similares³⁴. La metodología de entrenamiento pasa por establecer cargas o resistencias progresivas y de una forma gradual, en función de la capacidad que tenga el músculo o grupo muscular para generar fuerza³⁴.

Existen otros sistemas de entrenamiento afines o similares al RT provenientes de otras modalidades deportivas. El levantamiento de pesas a nivel competitivo lo

conforman dos modalidades deportivas: el powerlifting y la halterofilia³⁵.

Force <ul style="list-style-type: none">•Fuerza como magnitud Física. También se refiere a la tensión muscular de los puentes de actina y miosina
Strength <ul style="list-style-type: none">•Fuerza. La máxima fuerza que un músculo o grupo muscular puede generar a una velocidad específica o determinada
Power <ul style="list-style-type: none">•Potencia. La tasa de realización de trabajo. El producto de la fuerza por la velocidad. La tasa de transformación de energía potencial metabólica a trabajo o calor
Resistance <ul style="list-style-type: none">•En el ambito de entrenamiento deportivo hace referencia al entrenamiento con resistencias en la fuerza. Es la carga o resistencia utilizada
Endurance <ul style="list-style-type: none">•Resistencia: Hace alusión al entrenamiento de los diferentes metabolismos (aeróbico, anaeróbico) asociados a la cualidad de la resistencia.
Velocity <ul style="list-style-type: none">•Velocidad. Una medida del movimiento del cuerpo en una dirección determinada. Es el término utilizado para el desplazamiento de las resistencias en un tiempo determinado

Gráfico 2.1.1. Traducción de términos en inglés relacionados con las capacidades físicas.

El objetivo de ambas modalidades es desarrollar los máximos niveles de fuerza levantando el mayor peso posible. La halterofilia es una modalidad deportiva que corresponde al levantamiento de pesas como método de entrenamiento con resistencias, o al conocido levantamiento Olímpico de pesas. Utilizan las halteras como medio de entrenamiento. Las halteras son unas barras de metal alargadas que pueden ser cargadas con discos o pesos en cada extremo. Son utilizadas de forma similar a los llamados “pesos libres” en el entrenamiento con

resistencias^{34,36}.

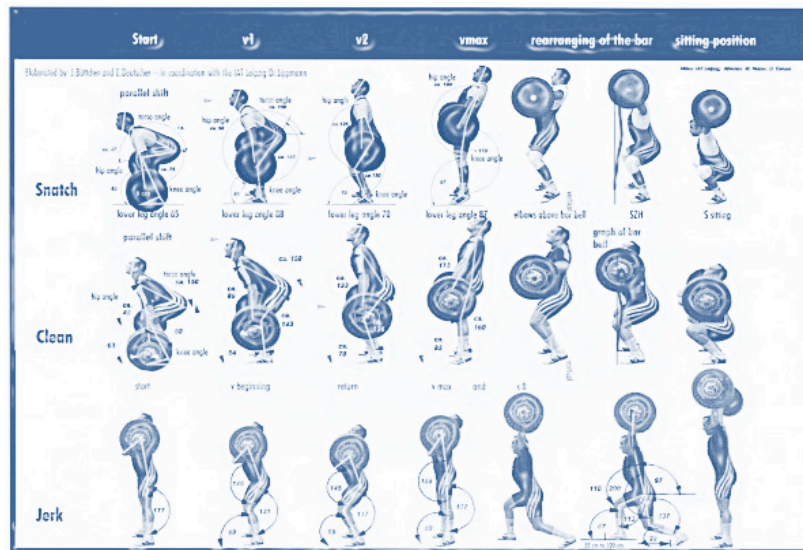


Figura 2.1.1. Modalidad deportiva de la halterofilia

Diferenciamos dos tipos de ejercicios: la arrancada (snatch) y el dos tiempos “cargada y envián” (clean and jerk) (Fig. 2.1.1). El powerlifting incluye tres tipos de ejercicios: la sentadilla, el press de banca y el peso muerto (Fig. 2.1.2).

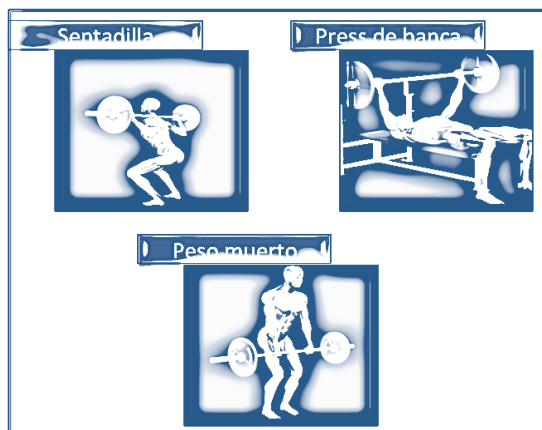


Figura 2.1.2. Modalidad del powerlifting

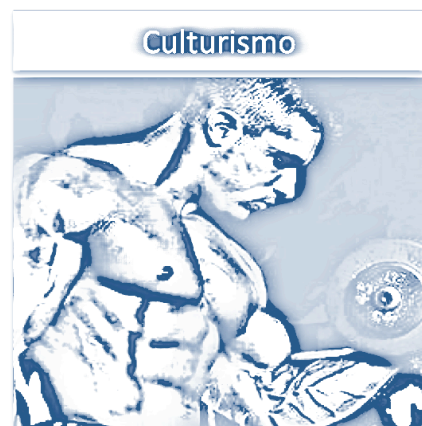


Figura 2.1.3. Culturismo

Otra modalidad deportiva estrechamente relacionada al entrenamiento con resistencias es el culturismo. El objetivo principal del culturismo son los cambios

en el aspecto físico o estética (Fig. 2.1.3).

3. ¿QUÉ ES EL ENTRENAMIENTO CON SUPERFICIES INESTABLES?.

En los últimos años las superficies inestables han adquirido una gran popularidad en los centros de fitness y deportivos, clínicas de rehabilitación, clubs deportivos, etc. En sus orígenes fueron utilizados principalmente en el ámbito de la salud, prevención y recuperación de lesiones, teniendo una gran aceptación actualmente en el rendimiento deportivo³⁷.

Los aparatos o medios que producen inestabilidad son aquellos “diseñados específicamente o adaptados, que por sus características físicas no estén firmemente unidos al suelo, pudiendo rodar, deslizarse, vibrar o realizar cualquier otro tipo de movimiento que genere situaciones en las que sea necesaria la intervención del equilibrio con el fin de mejorar la condición física”³⁸. Isidro y cols. (2007)³⁹ hacen referencia a aquellos medios que empleamos para aumentar los requerimientos de estabilización activa proporcionando un entorno inestable que potencia la actividad propioceptiva y las demandas del control neuromuscular.

Benito y Martínez (2009)³⁷ ampliaron la noción dándole una perspectiva relacionada conceptualmente con la aplicación de fuerzas: *“Una superficie inestable es una superficie o material de entrenamiento maleable, que se deforma o desplaza por la aplicación de fuerzas que sobre él haga el ejecutante, o que puede tener una distribución no uniforme de su masa (p. ej. cilindros*

rellenos de agua) o un comportamiento dinámico antes de interactuar con el sujeto (p. ej. plataformas vibratorias o tapiz rodante)”.

En el ámbito del fitness se utilizan multitud de diferentes aparatos inestables (Figura 2.1.4). A continuación se describen los más usuales con sus características principales.

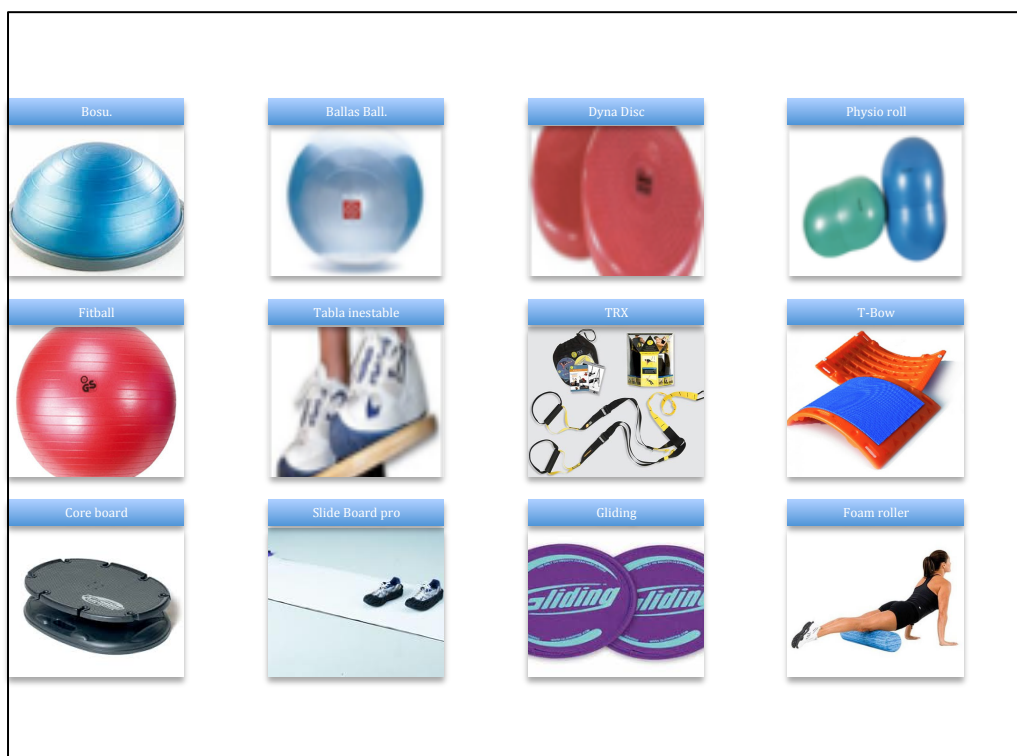


Figura 2.1.4. Diferentes aparatos inestables

- El Bosu®. Es una pelota semiesférica. Está formada por dos partes: Una rígida y otra de aire.

- El TRX®. Es una base en suspensión colgada de una barra fija aproximadamente a 2.5 metros del suelo (TRX® Suspension Training). Consiste en un arnés ajustable no elástico construido con nylon blando de fuerza industrial, formando un

equipo de una sola pieza bifurcándose en dos asas para el agarre o apoyo de segmentos corporales.

- Los Dyna disc®. Son pequeños discos de goma hinchados.
- Las tablas de inestabilidad tienen un elemento central que sobresale y es el que genera la inestabilidad.
- Fitball®. Es una pelota de plástico de gran diámetro variable en función de la actividad y los participantes.
- Ballast ball®. Es un fitball con material pesado en su interior.
- Physio-roll®. Está formado por la combinación de dos pelotas.
- T-Bow®. Es un arco de fibra sintética o madera natural de dimensiones (70x50x17), equilibrado y con un peso reducido de 3.2kg-4.7 kg.
- Core Board®. Es una plataforma que se inclina, gira y torsiona en diversas direcciones respondiendo a los movimientos del participante.
- Foam roller®. Es una espuma diseñada de forma tubular.
- Slide board®. Es una superficie rectangular que permite el deslizamiento corporal hacia los lados. Hay que utilizar un calzado especial confeccionado a tal efecto, facilitando el deslizamiento de los pies en el slide.
- Gliding® disc. Está formado por dos materiales que permiten el deslizamiento sobre la superficie de apoyo, permaneciendo constante y firme. Para superficies

de parquet o similar será de tela y para superficies más duras de goma.

4. ¿QUÉ RELACIÓN SE PUEDE ESTABLECER ENTRE EL ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS Y LAS SUPERFICIES INESTABLES?.

Según hemos visto en la noción de superficies inestables, el sujeto debe aplicar una serie de fuerzas que producen un desplazamiento o deformación³⁷. Por tanto, se establece un vínculo conceptual con las definiciones establecidas por Newton (1687)¹⁰, González Badillo y Gorostiaga (1996)¹¹, McGinnes (1999)¹², Luttgens y Wells (1983)¹³, ya que son las fuerzas originadas las causantes de producir el desplazamiento o la deformación.

Relacionándolas con el ámbito del Entrenamiento Deportivo, probablemente estemos hablando de una forma de entrenamiento con una serie de materiales desestabilizadores que conllevan una serie de respuestas propioceptivas y neuromusculares, cuyo objetivo principal es el desarrollo de la fuerza y/o tolerancia muscular, bien sea para un proceso de rehabilitación, recuperación, o mejorar la condición física, salud o rendimiento deportivo.

Como se puede deducir, esta definición no está tan alejada de la establecida por Kent (1994)³⁴ en el RT. Probablemente, el objetivo de ambas formas de entrenamiento sea el desarrollo de la fuerza y los beneficios que ésta conlleva. Quizás, las principales dudas que nos surgen se derivan de las posibles adaptaciones neuromusculares que produce un medio u otro. Es decir, el hecho de utilizar materiales y respuestas musculares iniciales diferentes, acarrea

menores, iguales o mayores ganancias de fuerza muscular, potencia, etc.

CAPÍTULO II. EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS Y APARATOS INESTABLES.

1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS EN EL ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS.

Múltiples son las posibilidades adaptativas que se producen en nuestro cuerpo como respuesta al RT. A continuación señalamos las más importantes descritas en la literatura científica, relacionadas con el estudio efectuado.

1.1 Entrenamiento con resistencias y la fuerza muscular.

El RT es uno de los métodos más utilizados para el desarrollo de la fuerza muscular. Los efectos del entrenamiento dependen de múltiples factores asociados principalmente a los componentes de la carga (volumen, intensidad, recuperación, densidad, etc.). En función de cómo sean gestionados, habrá una tendencia hacia el desarrollo de unas manifestaciones u otras de la fuerza, condicionando los cambios estructurales de la masa muscular.

Una de las habituales adaptaciones que se producen en el RT es la “*hipertrofia*” de las fibras musculares (tipo I y II), como consecuencia del aumento del área transversal de las mismas^{40,41}. Este proceso implica un incremento en la síntesis de las proteínas contráctiles actina y miosina en el interior de la miofibrilla^{42,43}, así como un aumento del número de miofibrillas dentro de una fibra muscular^{44,45}. Para optimizar el desarrollo hipertrófico, otro factor a considerar es la producción de estímulos que alteren el patrón de activación nerviosa del

músculo, consiguiendo reclutar el mayor nº de fibras musculares⁴⁶.

Los estímulos mecánicos provocan una serie de procesos intracelulares que regulan la expresión génica y la síntesis proteica. El RT puede alterar la actividad de aproximadamente 70 genes⁴⁷, regulando factores implicados en la miogénesis y otros componentes inhibidores del crecimiento⁴⁸. La síntesis de proteínas en el músculo esquelético humano se incrementa después de un entrenamiento exigente con resistencias⁴⁹ y los mayores picos se producen aproximadamente después de 24 horas de haber realizado el ejercicio. Este proceso anabólico sigue *in crescendo* desde las 2-3 horas post ejercicio hasta las 36-48 horas⁵⁰.

Hay que considerar otros factores decisivos que fomentan los mecanismos hipertróficos:

- La acción muscular⁵¹.
- Formación de metabolitos⁵².
- El tipo de fibras musculares⁵³.
- La ingesta de aminoácidos⁵⁴.
- Las respuestas endocrinas (testosterona, GH, cortisol, insulina, etc.)⁵⁵.

Otro de los mecanismos adaptativos que genera bastante controversia es la “hiperplasia” o proliferación de las fibras musculares (división longitudinal de las fibras). Diversos estudios ratifican esta teoría en animales^{56,57}; sin embargo, las

investigaciones efectuadas en humanos generan bastantes dudas. Se han hallado trabajos que verifican^{58,59} el fenómeno de la hiperplasia y otros que lo rechazan^{60,61}. No obstante, en caso de que se incrementara el nº de fibras musculares, se cree que no tendría la suficiente relevancia, ya que implicaría un pequeño porcentaje (<10%) del tejido muscular^{57,62}.

Los mecanismos desencadenantes de la hipertrofia han sido evaluados en sujetos no entrenados. Durante las primeras etapas del proceso de entrenamiento predominan las adaptaciones neurales⁶³. La hipertrofia muscular se hace evidente durante las 6 primeras semanas de entrenamiento⁶⁴, aunque los cambios en la calidad de las proteínas⁴⁷ y la síntesis proteica tienen lugar mucho antes⁶⁴. Este parece ser el punto de inflexión para que las mejoras en el desarrollo de la fuerza se deban a un compendio entre las adaptaciones neurales e hipertróficas.

Los resultados aportados por estas investigaciones indican la necesidad de establecer estímulos o cargas de entrenamiento progresivas, para favorecer el reclutamiento y la hipertrofia de las fibras musculares. Para seguir promoviendo adaptaciones efectivas es fundamental prolongar los estímulos en periodos de tiempo adecuados, con el objetivo de optimizar el desarrollo de la fuerza e hipertrofia muscular.

Otro condicionante relevante para la capacidad de desarrollar fuerza muscular, está relacionado con la activación de las unidades motrices que son movilizadas

acorde a su umbral de reclutamiento. Normalmente, aumenta antes la activación de las unidades motoras con menos capacidad para generar fuerza (más lentas), que las más rápidas que desarrollan más fuerza⁶⁵. Las adaptaciones al RT permiten aumentar los niveles de fuerza mediante diferentes mecanismos neuromusculares. Los aumentos de fuerza se pueden originar desde la primera semana de entrenamiento⁶⁶ (sin adaptaciones) hasta largos periodos de tiempo, como respuesta a los efectos ocasionados de carácter neural⁶⁷, incrementos de la sección transversal del músculo^{53,61,68}, cambios en la arquitectura muscular⁶⁹ y otros posibles relacionados con el incremento de metabolitos⁵².

La calidad del proceso de entrenamiento va a condicionar la magnitud de la fuerza desarrollada y el tipo de adaptaciones que hemos comentado anteriormente. Por ello, se deben controlar diferentes parámetros que repercuten en la eficacia de los estímulos de entrenamiento planteados. Los principales son el tipo de acciones musculares, la intensidad, el volumen, la selección y el orden de los ejercicios, los periodos de recuperación y la frecuencia de entrenamiento⁷⁰.

Otros factores significativos que pueden alterar la magnitud de la fuerza muscular son el ángulo de penneación, la longitud muscular, el ángulo articular y la velocidad de contracción^{71,72}.

1.2 Entrenamiento con resistencias y la potencia muscular.

La producción de potencia (media y máxima) es muy importante para

determinadas acciones y movimientos que realizamos en el deporte, trabajo y en la vida diaria. Desde un punto de vista conceptual, se produce más potencia cuando la misma cantidad de trabajo es completada en un periodo de tiempo más corto, o cuando una mayor cantidad de trabajo es realizada durante el mismo periodo de tiempo.

La potencia muscular es definida como el producto escalar de la fuerza general y la velocidad de movimiento. Los niveles más altos de potencia son alcanzables durante un movimiento efectuado o repetición. Es considerada como una variable muy importante para evaluar el rendimiento.

La implicación del sistema neuromuscular es decisiva en el desarrollo de los máximos niveles de potencia muscular por los siguientes motivos:

- La máxima tasa de producción de fuerza/maximal ratio of force development (RFDmax).
- La producción de fuerza a velocidades de contracción lentas y rápidas.
- Ciclo de estiramiento-acortamiento muscular.
- Coordinación de las destrezas y patrones motores.

Diversos estudios han mostrado aumentos en el desarrollo de la potencia en el entrenamiento tradicional con resistencias^{73,74,75,76}, lo que demuestra la dependencia de la producción de potencia en el desarrollo de la fuerza muscular.

Considerando que la potencia es el producto de la fuerza por la velocidad, parece ser que las cargas elevadas que conllevan bajas velocidades de desplazamiento son más idóneas para el desarrollo de la FM, mientras que para el entrenamiento de la potencia, las cargas ligeras y moderadas a elevada velocidad son más indicadas para incrementar la fuerza y el RFD^{77,78}.

Las cargas elevadas en el RT podrían afectar a los niveles de potencia desarrollados, debido a la falta de explosividad (velocidad lenta) al realizar las repeticiones⁷⁹. El principal problema inherente al entrenamiento de pesas tradicional, es que la carga es decelerada en una gran proporción (24%-40%) en la acción muscular concéntrica^{80,81}. Este porcentaje es incrementado en un 52% cuando realizamos una repetición con un porcentaje más bajo (81%) de 1RM⁸⁰, o cuando intentamos mover el peso rápidamente en un esfuerzo similar a la velocidad de movimiento requerida en las acciones motrices específicas⁸¹.

A su vez, los programas de entrenamiento compuestos de movimientos de elevada potencia inicial utilizando relativas cargas ligeras han manifestado ser más eficaces para el desarrollo del salto vertical que el tradicional entrenamiento de fuerza^{77,78}. Hay estudios que relatan que el salto vertical con sobrecargas del 30% de 1 RM mejora el rendimiento en el salto vertical, en mayor medida que las tradicionales sentadillas y el entrenamiento pliométrico⁸².

Además de la sobrecarga (% de 1RM), otro de los aspectos que podría condicionar el desarrollo de la potencia es el tipo de ejercicio efectuado. Los

ejercicios con resistencias balísticos, es decir, movimientos explosivos que permiten la aceleración a lo largo de todo el rango de movimiento, incrementado la velocidad de levantamiento media y pico, son idóneos para el aumento de la potencia^{82,83,84}.

A su vez, los ejercicios poliarticulares han sido más utilizados para el entrenamiento de la potencia muscular que los monoarticulares⁸⁵. Los ejercicios que implican la participación de todo el cuerpo (cadena cinética) han demostrado ser muy efectivos para la producción de fuerza rápida⁸⁶ y potencia⁸⁷. Es recomendable realizar estos ejercicios al principio de la sesión del entrenamiento y secuenciados en función de la complejidad del ejercicio.

Otro de los aspectos que nos recomienda la literatura científica es realizar ejercicios de potencia de alta velocidad antes que los ejercicios poliarticulares. Parece ser que aumentan el rendimiento en la sentadilla⁸⁸ mediante el efecto potenciación post-activación.

A modo de resumen, podríamos aseverar que la intensidad a la cual se obtienen los mayores niveles de potencia va a depender de diversos factores como son: el tipo de ejercicio que se realice, el movimiento ya sea balístico o tradicional, y el nivel de fuerza del individuo⁸⁵. Diversas investigaciones muestran cómo el pico de potencia en los ejercicios balísticos en las extremidades superiores, está en un rango entre el 15% y el 50%, y entre el 0% (del peso corporal) y el 60% en las extremidades inferiores (principalmente en la sentadilla con salto). En los

ejercicios tradicionales (press de banca, sentadilla, etc.) los picos de potencia los podemos encontrar en rangos entre el 30% y el 70% de 1RM^{89,90,91}, mientras que en los ejercicios de levantamiento Olímpico, los situamos aproximadamente entre el 70%-80% de 1RM^{92,93}. Aunque hay un rango muy diverso de intensidades donde la potencia muscular se puede aumentar, debemos de tener presente el concepto de especificidad y mejorar el rendimiento (potencia muscular) utilizando intensidades similares a las que demandan las acciones motrices de las modalidades deportivas⁸⁵ o actividades físicas realizadas. La optimización de la potencia se consigue desarrollando velocidades de levantamiento rápidas con cargas submáximas, y cuando las intensidades requeridas son elevadas es fundamental levantar el peso lo más velozmente posible⁸⁵.

1.3 Entrenamiento con resistencias y la resistencia muscular.

Otro factor que atañe al RT es la relación existente con el desarrollo de la resistencia muscular. Los programas de entrenamiento con resistencias han demostrado su efectividad incrementando la resistencia muscular local, la resistencia muscular local submáxima y de alta intensidad^{94,95,96,97}. Las cargas moderadas y ligeras realizando un número elevado de repeticiones, suelen ser las más efectivas para incrementar la resistencia muscular local^{94,96,98,99}.

Sin embargo, un estudio con remeras altamente entrenadas muestra cómo las cargas elevadas realizando pocas repeticiones, son más efectivas para la mejora

de la resistencia muscular local⁹⁵. Se establece una relación entre los incrementos de la fuerza y la resistencia muscular local, de tal forma que el desarrollo de la fuerza sólo puede mejorar la resistencia muscular hasta cierto punto. Sin embargo, si los estímulos son específicos las mejoras serán más elocuentes^{94,100}.

El entrenamiento para mejorar la resistencia muscular local implica realizar un nº elevado de repeticiones con cargas ligeras a moderadas y con cortos tiempos de recuperación entre series.

Otro método muy popular para la mejora de la resistencia muscular local ha sido el tradicional entrenamiento en circuito^{101,102}. Sus principales características son la continuidad y los periodos de recuperación cortos. La continuidad se debe al diseño secuencial que se establece con los ejercicios, es decir, se dividen en estaciones y hay que cambiar consecutivamente de una estación a otra.

Otro factor que va a condicionar la resistencia muscular local es la velocidad de ejecución de las repeticiones. Las investigaciones han demostrado cómo una velocidad de ejecución alta en los ejercicios isocinéticos ($180^{\circ} \cdot s^{-1}$), es más adecuada para incrementar la resistencia muscular local que las velocidades lentas^{103,104} ($30^{\circ} \cdot s^{-1}$). Sin embargo, cuando efectuamos repeticiones en ejercicios con resistencias externas en acciones musculares dinámicas constantes, parece ser que las velocidades altas y lentas incrementan la resistencia local muscular. Sobre estos aspectos en concreto, es importante establecer los siguientes

criterios para prolongar la duración de las series, tan necesario para ampliar la resistencia muscular local:

- a) Un nº moderado de repeticiones desarrollando una velocidad baja intencionadamente.
- b) Un nº de repeticiones altas desplegando una velocidad de ejecución alta.

Un estudio ha demostrado cómo la velocidad de ejecución lenta establecida intencionadamente (5:5) con cargas ligeras, produjo más demanda metabólica que velocidades moderadas y rápidas¹⁰⁵. Otro trabajo¹⁰⁶ mostró cómo las velocidades de ejecución explosivas en acciones musculares concéntricas, obtuvieron una tasa de energía superior que cuando se realizaban repeticiones a una velocidad lenta (2:2). Otra investigación muy interesante comparó diferentes velocidades de ejecución consumando 3 series¹⁰⁷:

- a) 10 repeticiones a una velocidad (5:5).
- b) 10 repeticiones a una velocidad (2:2).
- c) 5 repeticiones a una velocidad (10:4).

Los resultados demostraron cómo el protocolo a) incrementó en mayor medida los niveles de fatiga periférica. Sin embargo, el pico de fuerza isométrica (19%) y la RFD (46%) fueron reducidos significativamente con respecto a los protocolos b) y c) (13%-15% y 9%-13% respectivamente). Si comparamos dos procesos de entrenamiento donde establecemos los mismos criterios de volumen e

intensidad y los mismos ejercicios, parece ser que las velocidades de ejecución lentas generan más concentraciones de lactato en sangre¹⁰⁶.

Por tanto, incrementar el tiempo de tensión muscular con cargas adecuadas puede aumentar la fatiga muscular¹⁰⁷, contribuyendo a la mejora de la resistencia muscular local. Sin embargo, cuando realizamos las repeticiones a velocidades de ejecución más lentas, resulta más complicado mantener un nº de repeticiones elevado, por lo que es recomendable utilizar resistencias más ligeras que nos permitan prolongar el esfuerzo en el tiempo.

1.4 Entrenamiento con resistencias y la resistencia cardiovascular.

Las adaptaciones cardiovasculares que se producen durante un programa de entrenamiento con resistencias son diferentes a las que se originan con un programa de entrenamiento de resistencia convencional¹⁰⁸.

Fleck y Kraemer^{109,110} determinan que las principales adaptaciones crónicas que se producen cuando estamos en estado de reposo son las correspondientes a la frecuencia cardiaca, presión arterial, volumen cardiaco, grosor de la pared cardiaca, dimensión de la cavidad cardiaca, volumen del ventrículo izquierdo, función sistólica y diastólica, etc. A continuación se describen las más relevantes.

- Corazón y Frecuencia cardiaca.

Los efectos que produce el entrenamiento con resistencias en la estructura del corazón generan bastantes dudas. A pesar de las creencias que hay al respecto

sobre el posible aumento del tamaño del corazón, los estudios científicos al respecto son contradictorios. Sin embargo, es incuestionable la mejora de la capacidad funcional del corazón ante selectivos estímulos de RT¹¹¹.

En cuanto a la cavidad cardíaca, el incremento del volumen de entrenamiento con resistencias aumenta el tamaño de la misma en menor cuantía que el entrenamiento de resistencia aeróbico. Este fenómeno adaptativo es más acentuado en culturistas que en halterófilos^{109,110}.

Relativo a la frecuencia cardíaca (FC), siempre que modificamos el estado de reposo de nuestro organismo con actividad física y deportiva, se produce un incremento de la FC como respuesta. El entrenamiento con resistencias a cualquier intensidad provoca incrementos de la FC, pudiendo alcanzar valores casi máximos^{108,109,112}.

En cuanto a las adaptaciones relativas a la FC, el entrenamiento de fuerza produce una disminución de los latidos/minuto en menor medida que el entrenamiento de resistencia aeróbico¹¹¹.

- Gasto Cardíaco (GCA) y Volumen sistólico (VSIS).

Las investigaciones que hay al respecto estipulan que el entrenamiento con resistencias intenso no produce cambios en el GCA o son insignificantes. Sin embargo, al reducir la intensidad de las cargas e incrementar el volumen aumentando el nº de repeticiones y, consecuentemente, la duración de la sesión,

el GCA aumenta. En este caso, el GCA muestra una respuesta similar, aunque en menor medida, al entrenamiento aeróbico^{112,113}. Con respecto al VSIS ocurre algo parecido. Cuando utilizamos cargas moderadas a ligeras incrementando el nº de repeticiones y la duración de los estímulos, el VSIS aumenta¹⁰⁸.

- VO_{2max} .

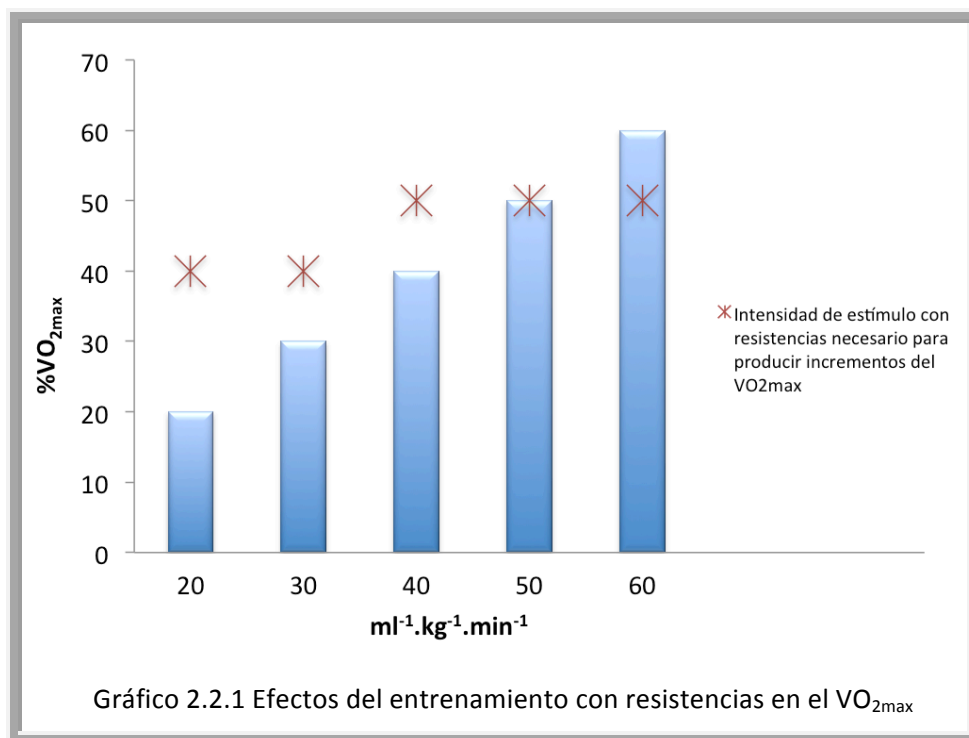
Respecto al VO_{2max} , las respuestas y adaptaciones durante un proceso de entrenamiento con resistencias son diversas y dependientes del tipo de ejercicio prescrito (Vo, I, R).

Las características del RT de alta intensidad conllevan esfuerzos de corta duración y elevado estrés neuromuscular, por tanto la respuesta del VO_2 es de aumento ligero a moderado. Sin embargo, cuando utilizamos resistencias moderadas o ligeras, el hecho de que se pueda prolongar la duración de los estímulos induce a un mayor VO_2 ¹⁰⁸.

Las investigaciones^{114,115} han demostrado que una serie aguda de RT solicita consumos inferiores al 50% del VO_{2max} . Esta intensidad de carga no parece ser un estímulo suficiente para deportistas entrenados en modalidades deportivas de resistencia^{116,117,118}, y si parece mejorar el rendimiento en sujetos no entrenados con bajo VO_{2max} ^{119,120,121,122} (<40 ml.kg⁻¹.min⁻¹) (Gráfico 2.2.1).

En un estudio más reciente, Swain y Franklin (2002)¹²³ determinan que el VO_{2max} necesario para que se produzcan mejoras en el rendimiento cardiopulmonar es

de $40 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Para ello, se debe establecer una intensidad de carga del 38% del $\text{VO}_{2\text{max}}$. Sin embargo, para obtener un incremento del rendimiento cardiopulmonar en sujetos que presentan $\text{VO}_{2\text{max}}$ superiores a $40 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, se deben aplicar estímulos superiores al 50% del $\text{VO}_{2\text{max}}$. Jung (2003)¹²⁴ hace una revisión muy completa del entrenamiento de fuerza en corredores de resistencia. Las conclusiones de su revisión concuerdan totalmente con las comentadas anteriormente.



- Umbral anaeróbico.

Se han efectuado escasas investigaciones que demuestren mejoras en el umbral anaeróbico después de concluir un proceso de RT. Al igual que ocurría con el $\text{VO}_{2\text{max}}$, este parámetro mejora en deportistas que presentan un $\text{VO}_{2\text{max}}$ bajo,

inferior a $45 \text{ ml. kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, y que llevan 3 meses sin hacer actividades físicas y deportivas¹²⁵. Otro estudio realizado sobre corredores/as mostró mejoras significativas tras 21 semanas de entrenamiento periodizado. Sobre este trabajo hay ciertas dudas sobre el nivel de condición física de los sujetos, ya que no indicaba el $\text{VO}_{2\text{max}}$ inicial¹²⁶.

- Economía.

La literatura científica establece diferentes formas de calcular la eficiencia energética. Una de ellas consiste en medir el VO_2 a una intensidad determinada, siendo consideradas más eficientes aquellas personas con un menor consumo.

Con respecto a este parámetro, el RT ha demostrado ser muy efectivo para producir substanciales mejoras en corredores y corredoras^{117,127}, corredores de orientación¹¹⁶, esquiadores de fondo^{128,129}, triatletas en la carrera de a pie¹³⁰ y sujetos desentrenados en bicicleta¹³¹. En un estudio de Braun y cols. (2000)¹³² sólo se encontraron mejoras significativas en corredores de bajo nivel de condición física.

- Capacidad y potencia anaeróbica.

El desarrollo de este metabolismo es fundamental para el incremento del rendimiento de muchas pruebas que relacionan la fuerza y la resistencia.

Numerosas investigaciones han mostrado mejoras asociadas a factores neuromusculares^{116,117,118,128,129,130,131,133,134,135}, que afectan positivamente al

rendimiento de dicho metabolismo. Sin embargo, a pesar de evidenciarse mejoras en el desarrollo de la fuerza máxima, el grado de manifestación de la fuerza, la capacidad de salto, la velocidad máxima lanzada, la duración de un test progresivo anaeróbico intermitente, las repeticiones de 5'' a máxima intensidad en cicloergómetro, o ciertas variables relacionadas con el test de Wingate, no han sido suficientes argumentos para incrementar el rendimiento en resistencia^{118,132,133,134}.

Otros estudios concernientes a la incidencia que puede tener el entrenamiento de fuerza en la capacidad de resistencia, han sido evaluados mediante pruebas de esfuerzo constantes o incrementales hasta la extenuación o también llamadas tiempo límite. A pesar de haberse encontrado mejoras en el tiempo límite^{125,128,129,130,135,136,137}, no se puede aseverar que dichos incrementos se deban directamente al entrenamiento de la fuerza u otro tipo de factores neuromusculares.

Una reflexión importante a tener en consideración es que estas variables determinantes en el rendimiento interaccionan entre sí, de tal modo que los valores obtenidos en alguna de ellas individualmente, puede que no sean relativamente adecuados para el rendimiento de la resistencia. Sin embargo, esta aparente insuficiencia puede ser subsanada con unos valores elevados en otras variables. A modo de ejemplo, un parámetro fundamental para el desarrollo de la potencia aeróbica es la VAM (velocidad mínima a VO_{2max}). Esta

depende del VO_{2max} y la economía de carrera. Puede ocurrir que los niveles de VO_{2max} puedan ser compensados por una economía de carrera eficaz.

Quizá lo más importante a destacar sobre la influencia del entrenamiento de fuerza en el *performance* de la resistencia en deportistas entrenados es, que a pesar de propiciar mejoras anaeróbicas que no inciden en las variables de rendimiento más significativas (Umbral anaeróbico, VO_{2max} , etc.), se puede entrenar paralelamente contribuyendo a incrementar el rendimiento en otros factores muy importantes como son la economía¹²⁴, y/o una menor fatiga de las fibras musculares lentas, debido a una mayor capacidad del sistema neuromuscular para reclutar fibras rápidas¹³⁸, en intensidades más elevadas durante las pruebas incrementales.

2. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS EN EL ENTRENAMIENTO CON INESTABILIDAD.

Haciendo un resumen generalizado de los estudios realizados en un entorno inestable, se podría aseverar que los posibles beneficios que conlleva el entrenamiento con aparatos que producen inestabilidad, están relacionados con la salud y fitness, la prevención y recuperación de lesiones y el rendimiento deportivo.

No coge de sorpresa el uso de estos aparatos en muchos deportes colectivos, estando muy de moda en el baloncesto de alto nivel (NBA, ACB, LEB).

Según Behm y cols. (2010)¹³⁹, los medios inestables podrían reportar mayores beneficios en los programas de rehabilitación, restableciendo la función habitual de la musculatura central. También estarían indicados en los programas de acondicionamiento muscular de los practicantes recreacionales o sedentarios, como medio para mantener o desarrollar la musculatura del tronco.

Los principales efectos que conlleva aplicar estímulos con aparatos que producen inestabilidad, están relacionados con la activación y coactivación muscular. Numerosas investigaciones demuestran cómo el realizar ejercicios sobre superficies moderadamente inestables, que impliquen la musculatura del tronco y/o las extremidades, aumenta la activación de la musculatura del tronco (core) en mayor medida que ejecutando los mismos ejercicios en condiciones de estabilidad^{140,141,142,143,144,145,146,147,148,149,150,151,152}. Behm y cols. (2002)¹⁵³ opinan que al aumentar la inestabilidad de los ejercicios de fuerza, se produce un mayor incremento del estrés neuromuscular que en condiciones estables.

Sin embargo, hay otros estudios que demuestran lo contrario. Nuzzo y cols. (2008)¹⁵⁴ compararon dos ejercicios como el peso muerto y el squat con peso libre en el suelo a diferentes intensidades del 50%, 70% y 90% de 1 RM, con ejercicios calisténicos sobre una pelota suiza que implicaban la misma musculatura (extensión del tronco, cuadrupedia contralateral y elevación pélvica en decúbito supino). La activación muscular del erector espinal fue superior en los ejercicios con pesos libres.

En otro estudio, Hamlyn y cols. (2007)¹⁵⁵ cotejaron la activación muscular de dos ejercicios (squat y peso muerto al 80% de 1 RM), con ejercicios calisténicos en inestabilidad (superman y puente lateral). La activación muscular de los músculos erectores espinales y del cuadrado lumbar fue significativamente mayor en el entorno de estabilidad.

Estas investigaciones nos hacen deducir que posiblemente los ejercicios tradicionales de fuerza, con intensidades medias y altas realizados en un entorno estable, sean más efectivos para el desarrollo de la fuerza y de la hipertrofia de la musculatura paravertebral, que los ejercicios en condiciones de inestabilidad sin sobrecarga añadida. Curiosamente, los ejercicios seleccionados en estos trabajos son variantes de los ejercicios de levantamiento Olímpico, lo que nos da pie a interpretar las posibilidades que nos brindan estos ejercicios, no sólo para aumentar el rendimiento deportivo. Sería conveniente realizar más estudios que analicen los efectos de ejercicios en condiciones de inestabilidad con sobrecargas.

Con respecto a estímulos que implican a las extremidades, Marshall y Murphy (2006)^{156,157} mostraron cómo realizando dos ejercicios como el push-up y press de banca, la activación muscular del tríceps y deltoides fue superior en condiciones de inestabilidad que en estabilidad. Las mismas conclusiones se obtuvieron en otro estudio sobre las extremidades inferiores. Anderson y Behm (2005)¹⁵⁸ observaron que la activación muscular del sóleo y cuádriceps fue mayor

realizando squats en un entorno inestable. A pesar de sus conclusiones, no todos los estudios lo corroboran. Uribe y cols. (2010)¹⁵⁹ analizaron la activación muscular concéntrica y excéntrica del pectoral mayor, recto anterior del abdomen y deltoides anterior, comparando dos ejercicios con mancuernas, press de pecho y hombro (80% de 1 RM) en dos superficies: inestable (pelota suiza) y estable (banco). La conclusión principal del estudio es que no hubo diferencias significativas en la activación neuromuscular entre ambas superficies.

Otros trabajos muestran cómo la activación muscular del core se ve incrementada cuando se ejecutan ejercicios como el press de banca y fondos sobre una pelota suiza, en comparación con una superficie estable^{149,153,156,157}. Sin embargo, en el press de hombro no se observan diferencias¹⁴⁷.

Una reflexión muy importante que se deduce de los estudios realizados al respecto, es que la activación muscular puede ser alterada por determinadas condiciones de inestabilidad, pero no siempre se producirá un incremento de la activación muscular de todos los músculos implicados^{160,161,162}. Dependerá del grado de inestabilidad ocasionada y del participante. Al respecto, hay un estudio de Wahl y Behm (2008)¹⁶² donde concluyen que sujetos con experiencia en el entrenamiento de fuerza tradicional con pesos libres, no tienen por qué responder con una mayor activación muscular realizando ejercicios en un entorno moderadamente inestable.

Otro factor muy interesante que analizan los estudios relativos a la inestabilidad

es el relativo a la co-activación muscular. Diversos autores demuestran cómo el entrenamiento sobre superficies inestables incrementa la co-contracción de la musculatura antagonista¹⁶³, de las extremidades inferiores^{164,165}, superiores¹⁶⁶ y core¹⁴⁵. Según Behm y Colado (2012)¹⁶³ la función de la musculatura antagonista en un entorno de inestabilidad será la de control de los segmentos al producir fuerza. A su vez, esto provocará un aumento de la rigidez articular¹⁶⁷ favoreciendo la estabilidad articular¹⁶⁸ y garantizando la protección del complejo articular frente a fuerzas externas desestabilizadoras. Este aspecto es de capital importancia, cuando hablamos de la co-activación muscular del tronco como medio para estabilizar la columna^{145,169} y prevenir cualquier tipo de lesión asociada¹⁷⁰.

Sin embargo, a pesar de que muchos estudios demuestran que los aparatos inestables aumentan la actividad y la co-activación muscular, se produce paralelamente una disminución en el desarrollo de la fuerza, acentuando la función estabilizadora de la musculatura implicada¹⁴². A su vez, la producción de fuerza, potencia y fuerza explosiva en las extremidades superiores e inferiores se ve disminuida cuando se utilizan medios inestables como soporte, asiento o punto de apoyo³⁷. Diversos estudios muestran cómo la potencia máxima se ve reducida entre un 12% y 80% cuando realizamos los mismos ejercicios (squat y press de banca) en condiciones de inestabilidad, en comparación a un entorno estable^{142,153,171,172,173}.

De estos estudios se deduce que cuanto mayores sean las condiciones de inestabilidad externa, mayor será la activación y co-activación muscular. Sin embargo, la capacidad para generar fuerza y potencia de la musculatura agonista implicada en la acción motriz, se verá mermada como consecuencia de la rigidez articular necesaria para provocar una estabilidad de las articulaciones implicadas en el movimiento. Según Nuzzo y cols. (2008)¹⁵⁴, para incrementar la producción de fuerza y potencia será importante provocar unas condiciones de estabilidad.

Desde esta perspectiva, se podría interpretar que el entrenamiento en condiciones de inestabilidad no contribuye a desarrollar la fuerza y la potencia, y por tanto, no sería la metodología más adecuada para incrementar el rendimiento en acciones motrices específicas de las modalidades deportivas, sobre todo en fases de la temporada que requieren de un rendimiento más específico.

Son muchos los especialistas en el tema que han hablado de la importancia de realizar un programa específico de entrenamiento sobre superficies inestables, para fortalecer el core mejorando el rendimiento deportivo^{174,175,176}. Según estos autores, el core es el vínculo de unión entre el tronco y las extremidades superiores e inferiores para la transferencia de fuerzas^{147,177}, integrando ambas partes de la cadena cinética¹⁷⁸ en las acciones motrices.

Behm y cols. (2012)¹⁷⁹ consideran que es fundamental un buen desarrollo del core para una adecuada transferencia de los torques y momentos angulares,

favoreciendo la transmisión de las fuerzas en la cadena cinética del movimiento requerido. La mayoría de las acciones deportivas como carreras, saltos, lanzamientos, levantamientos, etc., se verían favorecidas por este aspecto. Una debilidad del core podría suponer un déficit de fuerza e inestabilidad central en la cadena cinética, influyendo negativamente en la ejecución técnica y, consecuentemente, favoreciendo la predisposición a la lesión¹⁷⁴.

Sin embargo, a pesar de la veracidad de estos argumentos, cuando hablamos de deportistas entrenados hay muy pocos estudios que determinen mejoras significativas en el rendimiento específico. Así por ejemplo, Tse y cols. (2005)¹⁸⁰ aplicaron un programa de entrenamiento de resistencia muscular del core sobre un grupo de remeros universitarios, 2 veces por semana. No encontraron diferencias significativas en ninguna de las pruebas evaluadas (test de remo 2000, lanzamiento de balón medicinal, salto vertical, sprint 10 y 40 m), respecto a un grupo control que no efectuaba ejercicios del core.

En otro estudio realizado sobre nadadores¹⁸¹, se aplicó un programa de entrenamiento de 6 semanas con una pelota suiza. Se valoró el rendimiento específico mediante pruebas de nado y el rendimiento en seco (lanzamiento de balón medicinal, salto vertical, control postural). A pesar de optimizar los resultados en las pruebas en seco, no se mejoraron los tiempos de nado.

Stanton y cols. (2004)¹⁸² analizaron los efectos de un programa de entrenamiento de 6 semanas con pelota suiza en sujetos entrenados,

comparándolos con un grupo control. Las pruebas de evaluación fueron VO_{2max} , economía de carrera y estabilidad central. Al finalizar el programa de entrenamiento hallaron mejoras significativas en la estabilidad central, sin embargo no se produjeron cambios significativos en el VO_{2max} y en la economía de carrera.

Las principales conclusiones obtenidas de los estudios, respecto al por qué no se mejora el rendimiento específico siguen las mismas directrices. No se verifica que las mejoras en el core conlleve una mejora en el rendimiento específico, principalmente por la inespecificidad biomecánica de los movimientos, la no realización de ejercicios con patrones motores similares que produzcan una transferencia al gesto técnico deportivo, el diseño de programas de entrenamiento poco específicos y funcionales, y la falta de intensidad o carga en los ejercicios propuestos en deportistas entrenados.

A pesar de lo determinante de las evidencias literarias, hay alguna aportación científica que muestra claramente mejoras en el rendimiento, concretamente en la velocidad de despegue del salto vertical¹⁸³, si bien el programa fue aplicado a sujetos no entrenados. Otro estudio de Sato y Mokha (2009)¹⁸⁴ examinó los efectos de un programa de entrenamiento de core con pelota suiza en corredores de fondo entrenados. Los resultados finales indicaron mejoras significativas en el rendimiento específico de carrera. Estas diferencias podrían ser achacadas a que, previamente a la realización del programa de

entrenamiento, había diferencias significativas entre el grupo control y experimental (con peores marcas). Por tanto, el grupo experimental tenía mayor margen de mejora en la prueba de carrera.

Concluyendo, son necesarios más estudios para poder establecer conclusiones más determinantes, sobre los posibles beneficios del entrenamiento desestabilizante en el rendimiento específico.

B
L
O
Q
U
E

I
I

ANÁLISIS DE LOS FACTORES
FUNDAMENTALES
CONSIDERADOS EN EL DISEÑO
DEL MODELO DE PRESCRIPCIÓN
DEL EJERCICIO

CAPÍTULO III. LA PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO.

La prescripción del ejercicio físico es el proceso mediante el cual se recomienda a una persona un régimen de actividad física de manera sistemática e individualizada¹⁸⁵. En el siguiente capítulo se analizan una serie de factores que consideramos determinantes en el diseño de todo proceso de entrenamiento.

1. COMPONENTES ELEMENTALES EN EL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.

1.1 Principios del entrenamiento.

A la hora de diseñar los programas de RT es esencial tener como referencia y aplicar una serie de principios del entrenamiento, con el objetivo de conseguir una serie de adaptaciones morfológicas y funcionales que nos hagan incrementar la condición física y/o la salud.

El grado de mejora de cada persona estará condicionado por su predisposición genética y por su capacidad de entrenamiento¹⁸⁶. Se debe tener presente que diferentes programas de entrenamiento pueden ser eficaces, siempre y cuando se planteen correctamente¹⁸⁶.

A pesar de que todos los principios del entrenamiento tienen una importancia relevante, señalamos como los más aplicativos en el entrenamiento con resistencias, el principio de la sobrecarga progresiva, el de especificidad y el de la variación de los estímulos⁷⁰. El éxito de estos principios radica en la capacidad

adaptativa de cada participante a los estímulos de entrenamiento. Por ello, consideramos otros principios de suma importancia: individualización, adaptabilidad y mantenimiento.

1.1.1 Principio de la sobrecarga progresiva.

Este principio nos habla de realizar un incremento gradual y controlado de los estímulos a los que sometemos al organismo, mediante la modificación de los parámetros que cuantifican y cualifican las cargas en el proceso de entrenamiento:

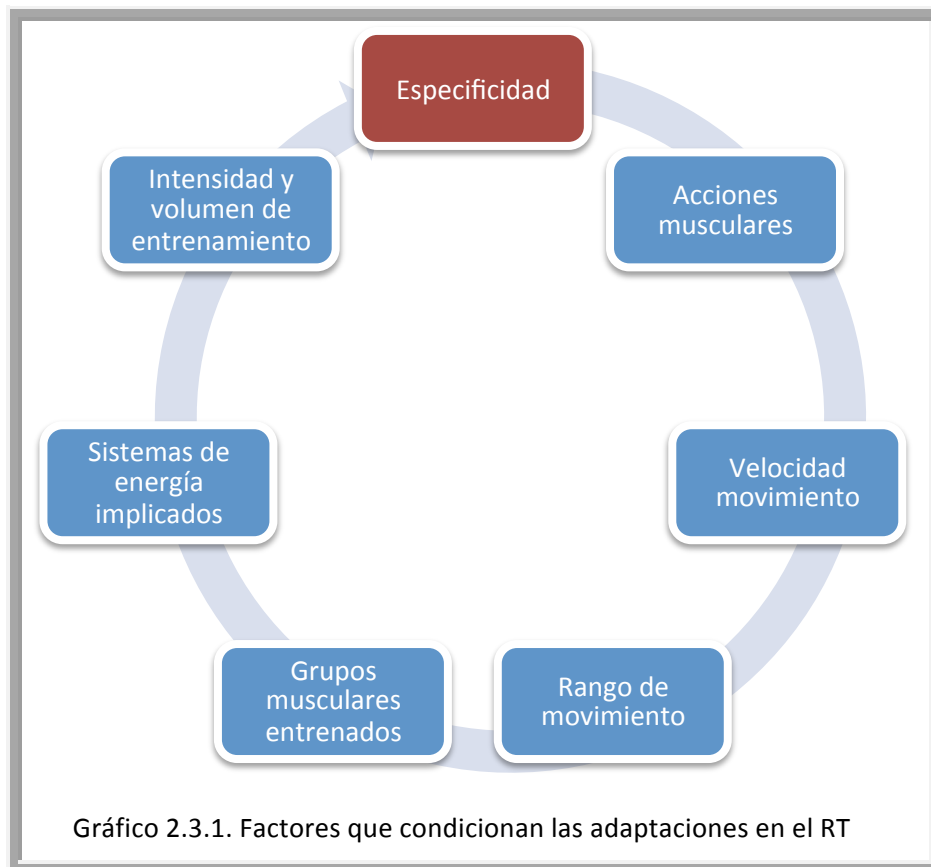
- El volumen de entrenamiento o trabajo total realizado representado por el número de repeticiones realizadas y la resistencia utilizada.
- La intensidad absoluta y relativa.
- La velocidad de ejecución al efectuar las repeticiones, que condicionará el objetivo del entrenamiento.
- El tiempo de recuperación entre repeticiones, series, sesiones.

Cuando se plantea este principio sobre personas noveles o con poca experiencia en el RT, se producen adaptaciones neuromusculares en un breve periodo de tiempo. Sin embargo, a medida que los sujetos adquieren una mayor experiencia o nivel de entrenamiento, es más complejo establecer estímulos progresivos que produzcan adaptaciones a corto plazo. El objetivo de las adaptaciones

morfológicas y funcionales debe ser a medio y especialmente a largo plazo.

1.1.2 Principio de especificidad.

Este principio indica que el tipo de estímulos planteados durante el entrenamiento condicionará el tipo de adaptaciones. Las adaptaciones específicas al RT, de carácter estructural y fisiológico, dependen de diversos factores^{66,72,75,187,188,189,190} (Gráfico 2.3.1).



En el RT los programas de entrenamiento más eficaces son aquellos que están diseñados para acometer los objetivos de formación y desarrollo más específicos. Los efectos del entrenamiento son específicos al tipo de estímulos planteados

durante el proceso de preparación.

1.1.3 Periodización.

Cuando hablamos de variación o periodización hacemos referencia al proceso sistemático en el cual realizamos una alteración de una o más variables (intensidad, volumen, recuperación, etc.) en el tiempo¹⁹¹. El objetivo deseado es que los estímulos aplicados sigan siendo eficaces elevando el nivel de rendimiento a medio y largo plazo. El control sistemático de variables como el volumen y la intensidad derivan en un aumento del rendimiento a largo plazo¹⁹². Para optimizar los incrementos de fuerza muscular y los mecanismos adaptativos fisiológicos es fundamental la periodización del proceso de entrenamiento^{193,194,195}.

El profesor T. Bompa (1999)¹⁹⁶ ha sido un destacado estudioso en el ámbito de la Teoría y Planificación del Entrenamiento Deportivo, desarrollando diferentes modelos de periodización desde el año 1963. El concepto de periodización tiene sus raíces en el término periodo, por tanto, lo define como una porción o división más pequeña con segmentos más fáciles de manejar y que denomina fases de entrenamiento. Sin embargo, esta conceptualización se remonta a la Antigua Grecia sin saber exactamente quién o quienes han sido los pioneros, aunque Filóstrato ha sido considerado como un vanguardista de la planificación del entrenamiento¹⁹⁶.

La concepción de la periodización ha ido evolucionando sobre la base de los

estudios del “Síndrome General de Adaptación” efectuados por Seyle¹⁹⁷, para optimizar el rendimiento y los procesos de recuperación^{193,198,199}. Numerosas investigaciones en el ámbito del entrenamiento deportivo específico^{200,201,202}, recreacional^{203,204,205} y de la rehabilitación²⁰⁶, han demostrado la mayor eficacia de los programas de entrenamiento periodizados frente a los no periodizados²⁰⁷. La prescripción del ejercicio organizado y controlado sistemáticamente, fundamentado en estímulos progresivos, específicos y variados es básico para mejorar el rendimiento específico y conseguir los objetivos propuestos.

No iríamos muy desencaminados si decimos que *“existen tantas formas de prescribir el ejercicio como entrenadores hay”* y todas pueden estar bien o mal encauzadas. En la actualidad se contemplan diversos modelos de periodización del entrenamiento deportivo. Estos son los más habituales y utilizados en el ámbito del fitness.

i. Periodización clásica.

También denominada modelo lineal de periodización, se caracteriza porque al principio de la misma se establecen unos volúmenes de entrenamiento elevados e intensidades bajas, y a medida que el proceso de entrenamiento se va desarrollando el volumen disminuye, dando paso a un incremento gradual de la intensidad (Gráficos 2.3.2 y 2.3.3). Este modelo de periodización tradicional es utilizado para incrementar el rendimiento de diferentes variables relacionadas con el ámbito del fitness (fuerza, potencia, etc.), en muchas ocasiones con

limitaciones temporales para desarrollar un proceso de entrenamiento a medio y largo plazo²⁰⁸. Diversos estudios han mostrado cómo la periodización tradicional del entrenamiento de la fuerza y potencia, conduce a unas mejoras incuestionables con respecto al entrenamiento no periodizado, en el desarrollo de variables como la fuerza máxima, potencia en ciclismo, rendimiento motor y capacidad de salto^{192,205,209}. Sin embargo, no todas las investigaciones corroboran esas mejoras²¹⁰.

Sin duda, son necesarios más estudios sobre un proceso de entrenamiento en un periodo de tiempo amplio (> 6 meses), con el objetivo de analizar y determinar los beneficios reales del entrenamiento periodizado con respecto al no periodizado, ya que ambos han mostrado su efectividad a corto plazo.

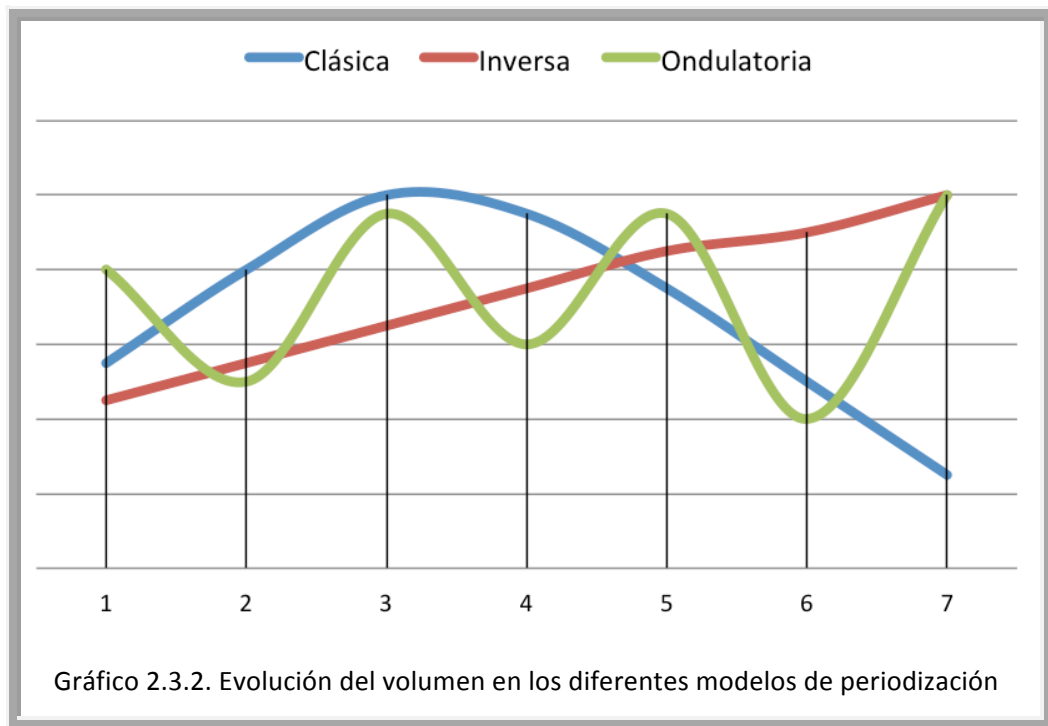
ii. Periodización inversa.

El modelo de periodización inversa sigue unas directrices distintas al modelo clásico. Se caracteriza por estímulos de entrenamiento donde las intensidades iniciales son elevadas y los volúmenes bajos. A medida que evolucionamos en cada fase de entrenamiento, los volúmenes se incrementan y las intensidades van disminuyendo progresivamente (Gráficos 2.3.2 y 2.3.3). Los efectos de este tipo de periodización también han sido analizados en otros estudios²¹¹ mejorando la resistencia muscular local⁹⁵ y demostrando ser más efectivos que otros cuando el volumen y la intensidad se equiparan²¹¹. Sin embargo, cuando hablamos de incrementar los niveles de fuerza los modelos de periodización

ondulatoria y lineal han mostrado ser más eficaces²¹¹.

iii. Periodización ondulatoria.

El modelo de periodización ondulatoria permite la variación de la intensidad y del volumen dentro de un ciclo, alternando diversos protocolos para entrenar los diferentes componentes del rendimiento neuromuscular (potencia, fuerza, etc.) (Gráficos 2.3.2 y 2.3.3).



Ha sido comparado favorablemente con los modelos de periodización lineales y los no periodizados de múltiples series²¹⁰, mostrando incrementos superiores de fuerza después de 12 semanas de entrenamiento con respecto a la periodización clásica²¹². Sin embargo, este modelo ha sido menos eficaz que el entrenamiento

no periodizado de bajo volumen en mujeres^{97,202}.

Haciendo referencia al ámbito del fitness, pocas investigaciones han analizado los efectos de la periodización ondulante en el entrenamiento con resistencias²¹³. Por ejemplo, ha resultado ser más eficaz que la no ondulante produciendo mejoras en el rendimiento y la salud de reclutas bomberos²¹⁴.

1.1.4 Principio de individualización.

La condición de ser humano determina que cada uno de nosotros presenta unas características morfológicas, funcionales, psicológicas, etc., que nos diferencian de nuestros semejantes. Estos factores condicionan la capacidad de respuesta y adaptación de cada individuo a los estímulos de entrenamiento. Por ello, es fundamental establecer objetivos individuales diseñando un proceso de entrenamiento específico, atendiendo a las particularidades, necesidades y posibilidades de desarrollo personal de cada participante.

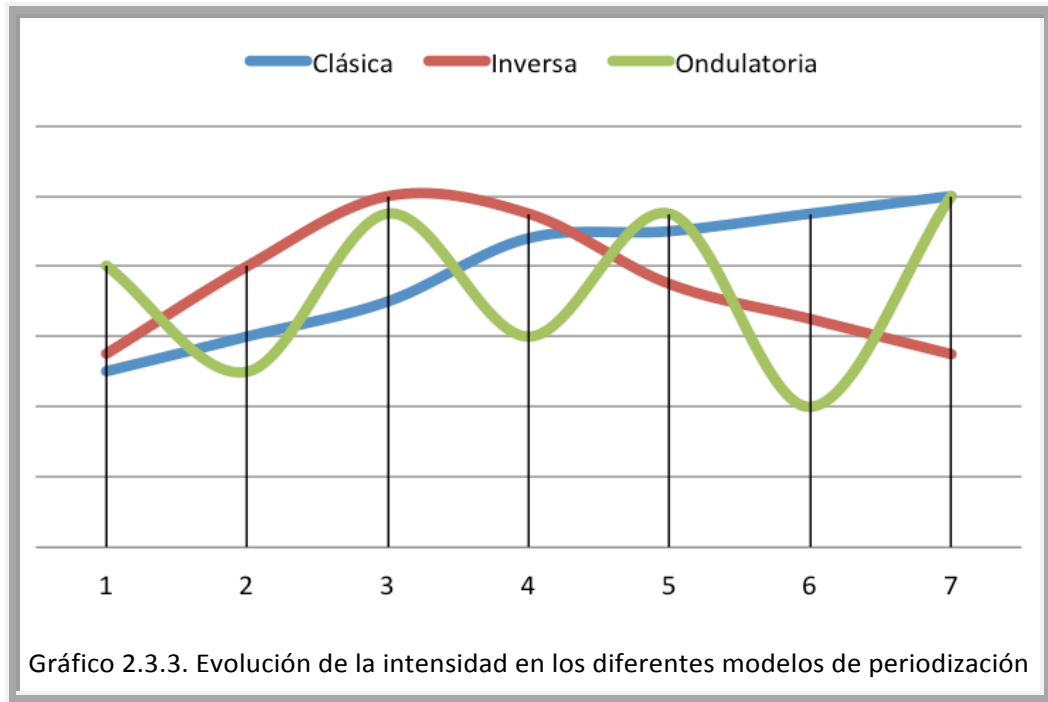
1.1.5 Principio de adaptabilidad. Estímulo eficaz.

Este principio está estrechamente vinculado al de individualización. La aplicación de cargas de entrenamiento debe cumplir dos premisas fundamentales:

- Eficacia.
- Tolerancia.

Todo estímulo de entrenamiento que no alcanza el umbral mínimo de esfuerzo

del sujeto, tendrá un efecto nulo adaptativo.

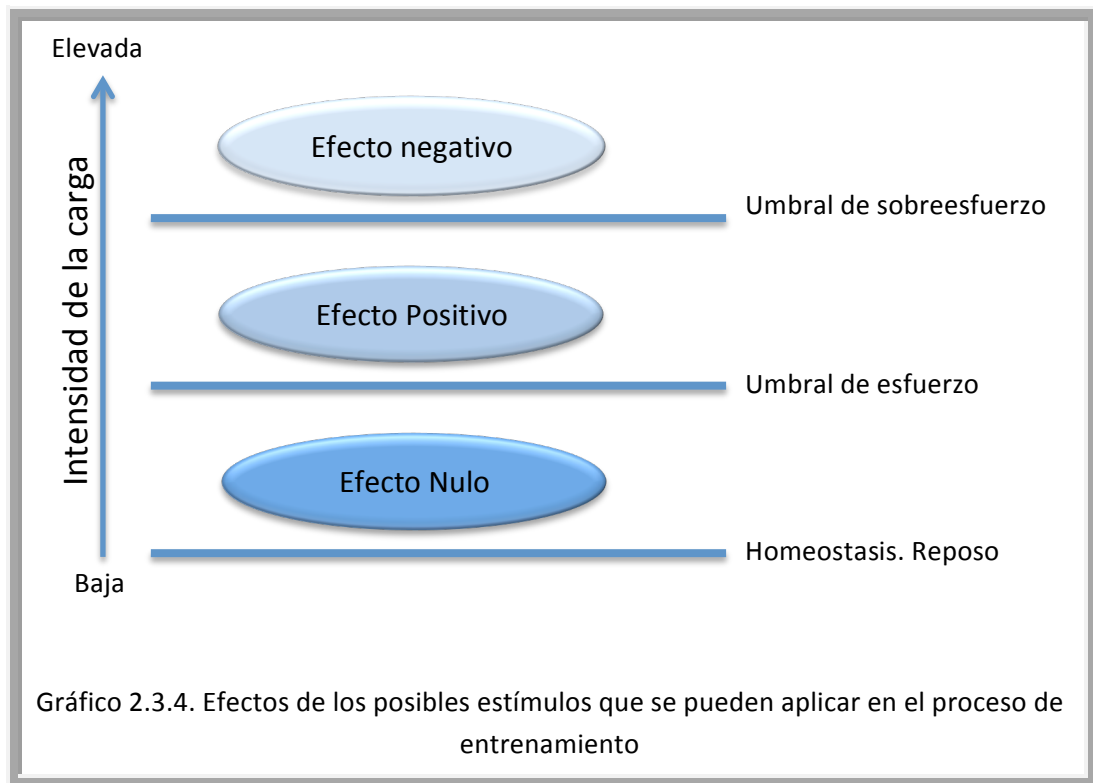


Sin embargo, si sometemos al organismo a un nivel de estrés o carga dentro de unos límites (mínimos y máximos) tolerables, facilitaremos el proceso adaptativo del mismo. Aquellos estímulos excesivos por encima del umbral de sobreesfuerzo o capacidad del deportista, además de no producir adaptaciones, pueden derivar en consecuencias negativas para el rendimiento y la salud de los participantes (Gráfico 2.3.4). En el RT este principio siempre debería ser considerado por su importancia relevante en la consecución de los objetivos propuestos²¹⁵.

1.1.6 Principio de mantenimiento.

Una vez el participante ha conseguido unos niveles deseados u óptimos de fuerza

o tolerancia muscular, es muy importante mantenerlos. Este mantenimiento es posible con un menor volumen o frecuencia de entrenamiento siempre y cuando la intensidad de los estímulos sea adecuada²¹⁶.



1.2 Los ejercicios.

1.2.1 Selección.

Uno de los aspectos más importantes a la hora de confeccionar los programas de entrenamiento es la selección de los ejercicios. Sin duda, el entrenamiento con resistencias ofrece una amplia gama de posibilidades y ejercicios. La elección de unos u otros dependerá de diversos factores como son los objetivos propuestos, el análisis de los movimientos (grupos musculares o las necesidades específicas

que requiera la modalidad deportiva en cuestión), la experiencia o nivel técnico del deportista, además de los medios y el tiempo disponible. Establecemos la siguiente clasificación:

i. Ejercicios básicos y complementarios.

Estos ejercicios dependen de la masa muscular implicada y el nivel de contribución a una acción motriz deportiva en concreto. Son aquellos que involucran grandes masas musculares, o los comúnmente conocidos como *“grupos musculares grandes”* (pectoral, espalda, hombro, cadera, muslos). Participan dos o más articulaciones principales (poliarticulares o multiarticulares) y suelen ser adecuados para asemejarlos a acciones motrices específicas de las modalidades deportivas.

Los ejercicios complementarios, también denominados auxiliares, implican masas musculares más pequeñas e involucran una sola articulación. Son los frecuentemente denominados *“grupos musculares pequeños”* (flexores y extensores del codo, cuello, trapecio, antebrazo, lumbar, abdomen, pantorrilla, cara anterior de la pierna). Además de ser idóneos para el desarrollo de grupos musculares y acciones motrices muy específicas, son adecuados para la prevención y rehabilitación de lesiones, porque aíslan un músculo o grupo muscular concreto. No están considerados como ideales para el rendimiento deportivo.

ii. Ejercicios estructurales y de potencia.

Son ejercicios que requieren la coordinación de varios grupos musculares (cadena cinética), implicando en muchas ocasiones la articulación de la columna vertebral. Por tanto, la estabilización muscular de la postura, una adecuada ejecución técnica y una buena coordinación intermuscular son aspectos indispensables para un correcto desarrollo del ejercicio. Son utilizados en los programas de entrenamiento de muchas modalidades deportivas específicas²¹⁷, ya que son idóneos para desarrollar los niveles de potencia, siempre y cuando sean efectuados de una forma explosiva o rápida.

iii. Ejercicios específicos (similares a acciones motrices específicas de las modalidades deportivas).

Estos ejercicios buscan asemejar los movimientos con resistencias a las acciones motrices reales que se realizan en las modalidades deportivas o la vida cotidiana (Fig.:2.3.1). El objetivo es buscar una transferencia positiva^{191,218,219}. A modo de ejemplo, imaginemos una acción típica de las extremidades inferiores en muchas modalidades deportivas: “el salto vertical”. Los músculos principales que intervienen son los extensores de la cadera y de la rodilla. Dos ejercicios habituales para desarrollar la fuerza de estos grupos musculares podrían ser la “prensa de piernas” o la “sentadilla”. El ejercicio más específico para mejorar la capacidad de salto será aquel que se asemeje más a la acción motriz de saltar, en una posición vertical, de pie, donde tengamos en consideración otros factores

del rendimiento relacionados con el equilibrio y las fuerzas de la gravedad. En este caso en concreto, el ejercicio de la sentadilla²²⁰.

También han resultado muy interesantes las nuevas tendencias de entrenamiento en el ámbito del fitness en condiciones de inestabilidad²²⁴ con balones, bosu®, plataformas vibratorias, etc. Estos ejercicios han mostrado ser muy eficaces para la activación de la musculatura en la parte baja de la espalda y otros músculos estabilizadores, comparándolo con ejercicios en condiciones de estabilidad. Sin embargo, los niveles de producción de fuerza de la musculatura agonista son menores cuando aplicamos pesos más ligeros^{166,225}.

- Ejercicios unilaterales VS. bilaterales.

Ambos han demostrado ser efectivos incrementando la fuerza muscular, difiriendo en el nivel de activación muscular. Los estímulos unilaterales pueden mejorar los niveles de fuerza bilateral y viceversa²²⁶. El entrenamiento unilateral ha demostrado ser muy importante en determinadas acciones específicas, como en el desarrollo de la capacidad de salto con una pierna²²⁶.

Otros puntos importantes que debemos analizar a la hora de seleccionar el tipo de ejercicio son:

- La posición del cuerpo (acostado, de pie, etc.)
- El tipo de agarre (posición y ancho).

- Los cambios de posición de la musculatura implicada en la acción.

En los programas de entrenamiento con resistencias se recomienda variedad de ejercicios unilaterales y bilaterales, con implicación de una articulación (monoarticulares) o varias articulaciones (poliarticulares), con especial hincapié en los ejercicios poliarticulares para elevar los niveles de fuerza muscular en sujetos de nivel principiante, moderado y avanzado^{70,98,227,228,229,230}.

1.2.2 El orden de los ejercicios.

Este aspecto hace referencia a la secuencia de los ejercicios con resistencias realizados durante una sesión de entrenamiento. Hay muchas discrepancias en torno a la forma idónea de establecer un orden lógico y adecuado. La elección final se fundamenta en cómo un ejercicio afecta a la calidad del esfuerzo o repercute en la técnica del propio u otros ejercicios. Cuando establecemos un orden de ejercicios se debe perseguir un objetivo concreto, procurando que la técnica del ejercicio no se vea alterada.

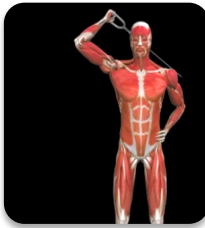
Las investigaciones demuestran cómo el orden de los ejercicios perturba significativamente el desarrollo de la fuerza muscular²³¹. La fuerza muscular y la potencia pueden ser incrementadas si realizamos ejercicios donde impliquemos la musculatura antagonista²³², sin embargo, ambos parámetros podrían verse negativamente afectados si los ejercicios son realizados consecutivamente²³³ y no establecemos un orden lógico, sin adecuados tiempos de recuperación.



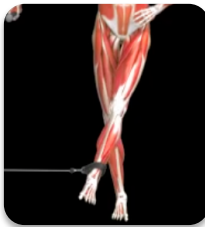
Press de pectoral de pie con cable es similar al pase de pecho en baloncesto



Remo sentado para espalda es parecido al remo modalidad banco móvil



Extensión de codo con cable es parecido al lanzamiento de balonmano.



Abducciones/aducciones con cable es similar al pase con el interior del pie en fútbol



“Sentadilla” es similar al salto

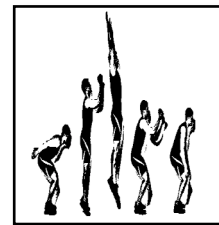
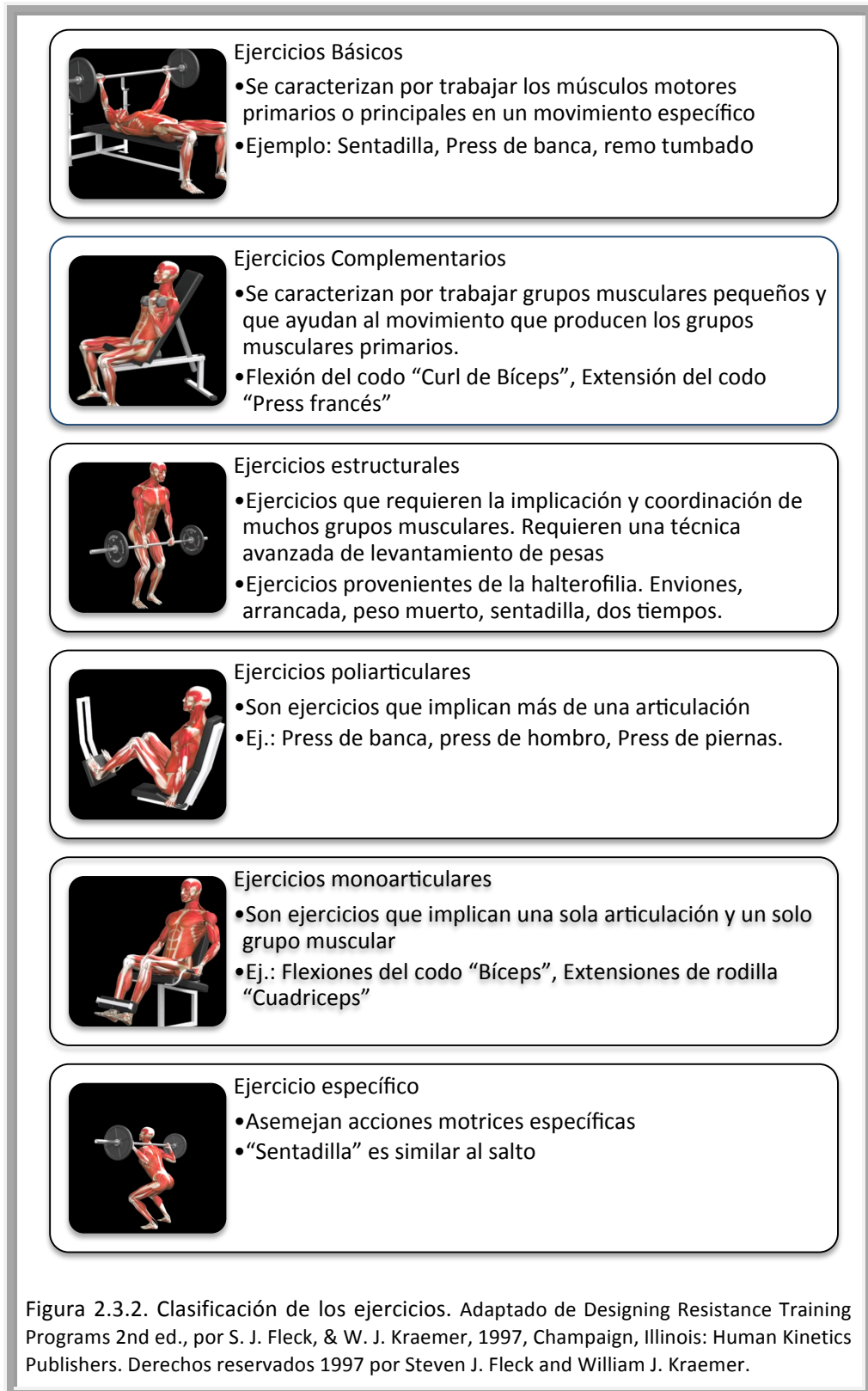


Figura 2.3.1. Ejemplos de ejercicios con sobrecarga específicos.

En la figura 2.3.2 analizamos los tipos de ejercicios en el RT.



Otros estudios han manifestado cómo el rendimiento se ve disminuido en los ejercicios poliarticulares, cuando estos son realizados después de otros ejercicios donde intervienen idénticos grupos musculares. Sin embargo, cuando estos se ejecutan al inicio del entrenamiento, el rendimiento se ve incrementado^{234,235}. Los ejercicios poliarticulares optimizan las ganancias de fuerza muscular si los aplicamos al inicio de la sesión de entrenamiento⁸⁸. Otras investigaciones muestran la importancia de establecer una secuencia de ejercicios comenzando por los ejercicios poliarticulares o también llamados “grupos musculares grandes”, y a continuación los ejercicios monoarticulares denominados “grupos musculares pequeños”^{191,236,237,238}.

Otro tipo de ejercicios como la cargada o la arrancada (indicados para desarrollar la potencia), además de ser los más afectados por la fatiga¹⁹¹ y producir un gasto energético significativo²³⁸, requieren una exigencia técnica y concentración muy alta. Cuando la fatiga afecta al sistema neuromuscular, las acciones técnicas son deficitarias; por ello, deben ser efectuados al inicio de la sesión de entrenamiento, seguidos de otros ejercicios básicos que no sean de potencia, para finalizar la sesión con los ejercicios complementarios^{191,231}.

Otra fórmula adecuada para establecer un orden lógico va a depender del nivel del deportista. A los individuos principiantes se les recomienda alternar ejercicios del tren superior con los del tren inferior, debido a que les resulta demasiado exigente efectuar varios ejercicios seguidos de los mismos grupos

musculares^{191,237}. Este aspecto favorece una mayor recuperación entre ejercicios que impliquen las mismas extremidades, reduciendo el tiempo total de entrenamiento porque el individuo puede alternar ejercicios del miembro inferior y superior, sin que pase un periodo de tiempo excesivo entre ejercicios de la misma extremidad. Esta metodología de entrenamiento es típica del conocido *“entrenamiento en circuito”*, caracterizándose por un tiempo de recuperación muy corto entre ejercicios, produciendo ligeras mejoras de la resistencia cardiovascular²³⁹.

Otro método que permite mejorar la recuperación entre ejercicios consiste en alternar ejercicios denominados de *“empujar”* (ej.: press de banca, press de hombro, extensiones de codo, etc.) con ejercicios de *“tirar”* o traccionar (ej.: dorsal en polea, remo tumbado, etc.). De esta forma no se trabajan los mismos grupos musculares en ejercicios consecutivos, mejorando el proceso de recuperación y previniendo la aparición prematura de la fatiga²³¹. La alternancia de ejercicios de tirar y empujar también es practicada en los programas de entrenamiento en circuito, siendo considerada ideal para aquellos practicantes noveles en el entrenamiento con resistencias^{191,236}.

Las superseries y las series compuestas son otras formas de entrenamiento con resistencias, que permiten organizar los ejercicios de tal forma que el participante realiza una serie de dos ejercicios consecutivos, sin o con muy poco descanso entre ellos. La diferencia entre ambos estriba en los grupos musculares

a trabajar. En las superseries se efectúan dos ejercicios que entrenan dos músculos o grupos musculares opuestos (agonista/antagonista)^{236,238}, y en las series compuestas la ejecución de ambos ejercicios implica trabajar el mismo grupo muscular²³⁶. En algunos textos literarios se genera confusión al intercambiar ambos significados, es decir, se califican como superseries cuando en realidad se está haciendo alusión a las series compuestas y viceversa¹⁹¹.

1.2.3 El equilibrio muscular.

En el proceso creativo del programa de entrenamiento, el diseño de los ejercicios debe de ir enfocado a favorecer el equilibrio de la fuerza muscular de las diferentes articulaciones y entre los grupos musculares opuestos (ej.: bíceps/tríceps). El desequilibrio muscular puede acarrear un riesgo elevado de lesión por descompensaciones musculares entre la musculatura agonista y antagonista. La musculatura agonista es la promotora del movimiento activada de una forma concéntrica. La antagonista podríamos definirla como el grupo muscular pasivo, localizado en el lado opuesto de la articulación. Por ello, la selección de los ejercicios debe ir enfocada a evitar las posibles descompensaciones entre la musculatura agonista y antagonista.

Diversos estudios donde se efectúan valoraciones isocinéticas de las extremidades inferiores, reflejan importantes descompensaciones musculares entre los músculos flexores y extensores de la rodilla^{191,237,238,240,241}. Las conclusiones de dichos estudios determinan la necesidad de realizar más

ejercicios compensatorios de la musculatura isquiotibial, con el objetivo de disminuir esta debilidad muscular y prevenir posibles lesiones.

1.2.4 La ejecución de los ejercicios.

i. Las acciones musculares.

Las acciones musculares seleccionadas van a condicionar en gran medida la eficacia de los ejercicios. La mayoría de los programas de entrenamiento con resistencias establecen estímulos dinámicos donde prevalecen las acciones musculares combinadas excéntricas (EXC) y concéntricas (CON), no siendo tan habituales las acciones musculares isométricas (ISO), ni tampoco acciones aisladas CON o EXC. Los mayores niveles de fuerza muscular se consiguen cuando combinamos acciones CON y EXC dinámicas¹⁸⁷. Sin embargo, cuando planteamos estímulos de entrenamiento donde solamente realizamos acciones EXC, se desarrollan mayores niveles de fuerza que en las CON e ISO²⁴². A su vez, diversos estudios demuestran como las acciones EXC, comparándolas con las acciones CON, requieren un menor reclutamiento de unidades motrices para cada carga específica²⁴², un menor coste metabólico²⁴³ y favorecen las adaptaciones hipertróficas²⁴⁴ haciendo más pronunciado el dolor muscular de aparición retardada²⁴⁵.

Otras investigaciones muestran cómo en el entrenamiento isocinético aplicando acciones EXC, se consiguen mayores ganancias de fuerza muscular en las

acciones específicas, que empleando estímulos de carácter CON²⁴⁶.

En el ámbito del fitness el diseño de los ejercicios se fundamenta en la combinación de ambas acciones musculares (EXC+CON).

Se deben considerar otros estudios que valoran la importancia y los beneficios de los programas de entrenamiento que combinan diferentes formas de aplicar estímulos ISO. Por ejemplo, varias investigaciones analizan los efectos de acciones musculares ISO funcional²⁴⁷ y EXC supramáximas²⁴⁸ demostrando reportar beneficios adicionales. Otros trabajos recomiendan acciones ISO para promover la salud en la zona baja de la espalda, mejorando el reclutamiento selectivo de la musculatura espinal de estabilización¹⁷⁶.

Para la progresión en el entrenamiento con resistencias en sujetos principiantes, de nivel intermedio y avanzado se recomienda realizar acciones musculares de todo tipo, CON, EXC e ISO^{187,244,246,247}.

ii. La velocidad de contracción muscular.

En el RT la velocidad de contracción muscular desarrollada en cada acción motriz dinámica, condiciona las diferentes respuestas fisiológicas que se producen en nuestro organismo, pudiendo ser éstas de carácter neural²⁴⁹, hipertrófico²⁵⁰ y metabólico¹⁰⁵.

El entrenamiento isocinético ha mostrado aumentar la fuerza específica sobre todo cuando empleamos velocidades de ejecución similares a las de

entrenamiento^{66,188,251}. Sin embargo, parece que el entrenamiento a moderadas velocidades (180–240°s⁻¹) produce los mayores aumentos de fuerza en todos los test de velocidad²⁵².

Por otro lado, las acciones musculares isotónicas (resistencias externas dinámicas constantes) generan un tipo de tensión diferente, produciendo disminuciones en el rendimiento de la fuerza cuando se efectúan repeticiones a velocidad lenta con cargas submáximas. Cuando este tipo de acciones musculares se realizan a velocidad lenta en los ejercicios dinámicos con resistencias, podemos diferenciar dos tipos de acciones musculares, voluntarias e involuntarias. Las acciones musculares lentas involuntarias se producen cuando aplicamos estímulos de alta intensidad. La carga y la fatiga que éstas generan al efectuar las repeticiones es la que condiciona la velocidad de movimiento y la duración de los estímulos²⁵³. En contraposición, las acciones musculares lentas de carácter voluntario son consecuencia de un control de la velocidad de movimiento por parte de los individuos contra resistencias submáximas. El sujeto determina el tiempo que los músculos implicados están desarrollando la tensión muscular.

Otra investigación ha evidenciado una menor activación neural (electromiografía) y desarrollo de la fuerza, en las acciones musculares concéntricas a velocidad lenta que a moderada²⁴⁸.

Variables como la potencia, los picos de fuerza y el número de repeticiones se ven negativamente afectadas si la velocidad de movimiento es súper lenta

(10:10), en comparación a velocidades de movimiento rápidas utilizando la misma intensidad de carga²⁵⁴. Cuando comparamos acciones musculares muy lentas (aproximadamente 10:5) y lentas (2:4), la carga debería reducirse un 30% para efectuar el mismo número de repeticiones²⁵⁵. Otra investigación donde se cotejan acciones musculares muy lentas (10:5) y normales o tradicionales (1:1), determina que la intensidad de los estímulos debe disminuir entre un 37%-40% para que se efectúen el mismo número de repeticiones²⁵⁶.

Estos estudios dan pie a interpretar que en individuos entrenados con resistencias, las velocidades de ejecución lentas provocadas intencionadamente con cargas más ligeras, provocan una limitación en el sistema neuromuscular, inhibiendo la actividad de las unidades motoras y afectando al desarrollo de la fuerza muscular, potencia y otras manifestaciones. Las acciones musculares moderadas (1-2:1-2) y rápidas (<1:1), a diferencia de las lentas (>2:4), son más efectivas para el desarrollo del trabajo muscular, potencia, volumen y número de repeticiones realizadas^{257,258}, además de incrementar el ratio de ganancia de fuerza²²⁹.

Cuando ejecutamos una serie, a medida que efectuamos más repeticiones la fatiga va apareciendo y la velocidad de ejecución disminuye proporcionalmente en cada repetición⁶⁷. Estas pérdidas de velocidad de levantamiento son menos acusadas cuando la intensidad de las cargas es más ligera o moderada que cuando es más pesada⁶⁷. Las investigaciones muestran cómo los mayores

incrementos de fuerza se producen cuando desarrollamos las repeticiones a una velocidad de levantamiento rápida, con intensidades moderadamente altas²⁵⁹. Otro estudio muy interesante²⁵⁵, muestra cómo en un programa de entrenamiento con resistencias de 10 semanas de duración, las velocidades de entrenamiento tradicionales (2:4) producen significantes ganancias de fuerza (39%), con respecto a otro de velocidades súper lentas (ganancias del 15%), en cinco de los ocho ejercicios utilizados. En otro programa de entrenamiento con resistencias de 6 semanas en individuos no entrenados, los incrementos de fuerza fueron significativamente mayores cuando las repeticiones se realizaban a mayor velocidad (1:1), con respecto al mismo entrenamiento con velocidades más lentas (3:3)²⁶⁰. Sin embargo, no parece que haya mucha diferencia en el desarrollo de la fuerza cuando se comparan dos programas de entrenamiento con velocidades súper lentas y lentas²⁶¹.

Podríamos concluir aseverando que para maximizar las ganancias de fuerza es fundamental acelerar al máximo el peso levantado, independientemente de la intensidad empleada, ya sea ligera, moderada o alta²⁶².

iii. La ejecución técnica.

Es muy importante efectuar los ejercicios con una adecuada ejecución técnica por dos aspectos fundamentales:

- Evitar posibles lesiones.

- La consecución de los objetivos propuestos en el programa de entrenamiento.

En el diseño de los programas de entrenamiento se deben seleccionar aquellos ejercicios que requieran una destreza técnica acorde a las posibilidades o nivel de entrenamiento de los deportistas. Los principiantes o individuos con poca experiencia en el entrenamiento con resistencias, las personas mayores o con algún tipo de discapacidad, etc., podrían realizar inicialmente ejercicios en máquinas guiadas, en vez de utilizar los pesos libres que requieren una mayor coordinación y equilibrio^{191,238}.

1.3 La Frecuencia de entrenamiento.

Este concepto hace alusión al número de sesiones que realizamos en un tiempo determinado. Habitualmente se establece en sesiones o días por semana (ej.: 3 veces o sesiones por semana).

La frecuencia óptima de entrenamientos por semana dependerá de múltiples factores relacionados con el volumen y la intensidad de entrenamiento, el nivel de condición física y la capacidad de recuperación del participante, además del número de grupos musculares entrenados por sesión. Tradicionalmente se recomendaban tres sesiones semanales con días intercalados de descanso, ya que permitían una recuperación adecuada entre cada sesión²⁶³. La norma general es que entre las sesiones haya un día de descanso, y no más de tres sesiones seguidas en las que se trabajen los mismos grupos musculares^{263,264}. En

la medida en la que el deportista va evolucionando y se va adaptando al proceso de entrenamiento, se debe incrementar el nº de sesiones a 4 y así sucesivamente, de forma progresiva hasta llegar a las 6-7 sesiones.

Se han elaborado diversos estudios sobre individuos no entrenados aplicando programas de entrenamiento de dos a tres sesiones semanales en días alternos^{265,266}. Esta frecuencia ha confirmado ser suficiente para su evolución en las etapas iniciales, mientras que de 1 a 2 días por semana podrían ser consideradas como sesiones de mantenimiento de la condición física²⁶⁷. Si se aplican dos sesiones semanales, éstas deberían estar espaciadas de forma regular y equilibrada (lunes/jueves o martes/viernes). Si se entrena lunes y miércoles, la falta de estímulos de entrenamiento desde el jueves al domingo, podría producir un efecto de desentrenamiento^{264,267,268}, aunque hay estudios que confirman que una sesión semanal es suficiente para mantener los niveles de fuerza muscular^{267,268}.

Varias investigaciones comparan la frecuencia de entrenamiento semanal que conduce a mayores incrementos de fuerza en sujetos de nivel inicial e intermedio:

1. 3 días mostraron ser más eficaces que 1²⁶⁹ y 2²⁶⁷.
2. 2 días superior a 1²⁷⁰.
3. 4 días mejor que 3²⁷¹.

4. 3 y 5 días fue superior a 1 y 2²⁷².
5. Entre 3 y 2 días, los incrementos de fuerza fueron similares aplicando volúmenes de entrenamiento iguales²⁶⁵.

Un meta-análisis de los datos correspondientes a diversas investigaciones, ha demostrado cómo las mayores ganancias de fuerza en individuos no entrenados se produjeron con una frecuencia de tres días por semana¹⁹⁰.

Los deportistas de nivel intermedio o avanzado pueden aumentar el número de sesiones semanales dividiendo las rutinas, de modo que en cada sesión se entrenen diferentes grupos musculares. Desde un punto de vista teórico, esta metodología de entrenamiento podría resultar inadecuada ya que el proceso de recuperación entre sesiones es muy corto. Sin embargo, el diseño de sesiones que agrupan ejercicios en los que trabajan una misma región del cuerpo (ej.: tren inferior/tren superior), o determinados grupos musculares (ej.: pectoral, hombro, tríceps) permite una apropiada recuperación del deportista. Un ejemplo de este formato de entrenamiento podría ser alternando en cada sesión tren inferior y superior, cuatro sesiones semanales. El tren superior se entrenaría los lunes y jueves y el tren inferior martes y viernes. Con esta fórmula se establecen intervalos de recuperación de dos o tres días entre cada sesión del mismo grupo muscular²⁷¹.

En levantadores de pesas y culturistas de nivel avanzado y élite se suelen realizar altas frecuencias de entrenamiento (más de 4/6 sesiones por semana). También

son habituales dos sesiones de entrenamiento al día alternando diferentes grupos musculares, llegando a efectuar entre 8 y 12 sesiones por semana²⁷³. Halterófilos Olímpicos pueden llegar a completar hasta 18 sesiones semanales²⁷⁴. Cuando la frecuencia es tan elevada debe imperar la racionalidad del entrenamiento, estableciendo sesiones más cortas, buenos periodos de recuperación y una adecuada alimentación y suplementación.

Otra de las recetas adecuadas para poder aumentar la frecuencia de entrenamiento semanal, podría ser alternando días de entrenamiento más exigentes con otros más tolerantes que no sobrecarguen en gran medida los grupos musculares y articulaciones^{77,246}.

Las recomendaciones con respecto a la frecuencia de entrenamiento semanal son:

- Los principiantes entre 2 y 3 días por semana^{187,265,266,267}.
- En sujetos de un nivel intermedio 3 días por semana si entrenamos todos los grupos musculares (todo el cuerpo) en la misma sesión, o 4 días si realizamos rutinas divididas (extremidades superiores/inferiores) de diferentes grupos musculares, siempre y cuando ejercitemos cada grupo muscular dos veces por semana^{190,265,269,272}. Con respecto a este aspecto, los estudios han contrastado similares incrementos de fuerza muscular entre sesiones de entrenamiento, implicando todos los grupos musculares del cuerpo y rutinas divididas²⁷⁵. La diferencia en la progresión del entrenamiento del nivel

principiante a intermedio, estriba en el control de otros parámetros como son el volumen, la intensidad y la elección de los ejercicios.

- La frecuencia óptima de entrenamiento en individuos de nivel avanzado va a depender de múltiples factores relacionados con los objetivos perseguidos por los deportistas. En levantadores de pesas de nivel avanzado se recomiendan entre 4 y 6 días de entrenamiento por semana. En levantadores de pesas de élite y culturistas puede ser beneficioso emplear altas frecuencias de entrenamiento. Por ejemplo, dos sesiones de entrenamiento al día, 4-5 días a la semana^{273,276,277}.

1.4 Los componentes de la carga de entrenamiento.

1.4.1 La Carga de entrenamiento. Intensidad.

La carga o la magnitud de la resistencia que se utiliza al efectuar cada repetición es uno de los aspectos más importantes para determinar la calidad de los estímulos del entrenamiento^{191,238,278}.

En los programas de entrenamiento con resistencias enfocados a desarrollar la fuerza y/o tolerancia muscular, la intensidad del ejercicio se establece mediante la masa a levantar, ya sea la del propio cuerpo o pesos adicionales externos, denominándose “carga o resistencia” del ejercicio²¹⁷. El nº de veces que la carga o resistencia es superada se denomina “repeticiones” efectuadas. El nº de veces que repetimos un ejercicio está inversamente relacionado con la resistencia a

vencer, es decir, a mayor carga menor es el nº de repeticiones que podemos ejecutar.

Determinar cuándo y cómo manipular los estímulos durante el proceso de entrenamiento ofrece muchas y diversas posibilidades en función del objetivo perseguido. Aunque no se debe olvidar que las cargas de entrenamiento deben ser planteadas, acorde a las posibilidades de los sujetos, atendiendo a dos criterios principalmente: el nivel de condición física y salud, y la experiencia en el entrenamiento.

A continuación se expresan diferentes formas de implantar la intensidad de la carga o estímulo en el entrenamiento con resistencias.

i. El RM.

Habitualmente el concepto que se usa para definir la resistencia aplicada es el de *repetición máxima (RM)*. La RM representa aquella masa que puede ser levantada un nº determinado de repeticiones en un ejercicio o por un grupo muscular concreto, donde el individuo no pueda efectuar repeticiones adicionales^{217,279,280}. Si la masa o resistencia a vencer es máxima entonces se denomina 1RM. La carga se suele expresar como un porcentaje de 1RM.

Los estudios demuestran que los valores obtenidos cuando se realizan varias repeticiones (2RM, 4RM, 6RM, etc.) se correlacionan con 1RM. La evaluación de la RM ha sido considerada como válida y fiable²⁸¹.

A pesar de ser considerada como un buen método para el control y prescripción del ejercicio, algunos autores²⁸² se muestran reticentes a su utilización, opinando que estas mediciones pueden verse afectadas por la fatiga muscular y dejar de ser consideradas como una medida de la fuerza muscular. Por ejemplo, señalar que la valoración de 1RM está limitada por el punto de menor eficiencia mecánica en todo el rango de movimiento²⁸³ (sticking point), dando lugar a que los músculos empleados estén trabajando de forma submáxima en aquellos puntos que no son del sticking point. En estudios de McArdle y cols. (1996)²⁸⁴, el valor de 1RM no proporciona información sobre el porcentaje de desarrollo o sobre la máxima producción de fuerza durante todo el rango de movimiento.

No obstante, consideramos que estos aspectos concretos parecen tener una mayor relevancia en determinadas acciones musculares que dependen de un rendimiento cinemático importante, no siendo tan significativos para la mejora de la condición física y salud. Los objetivos del RM en el ámbito del fitness deben ir encauzados al desarrollo de la fuerza y los beneficios que reporta en el mantenimiento y desarrollo de la condición física y la salud.

Otro aspecto negativo relacionado con la evaluación del 1RM tiene que ver con el proceso de selección de la carga. La metodología empleada se fundamenta en el ensayo-error, donde la carga se va aumentando progresivamente hasta que el sujeto no puede vencer una determinada resistencia. Esta fórmula conlleva la realización de múltiples repeticiones que pueden condicionar el resultado final

de la misma, debido a la aparición de la fatiga²⁸⁵. La fatiga es más acusada en practicantes que tienen un nivel de experiencia o condición física menor, por tanto la determinación de la RM podría ser errónea.

Muchos de los participantes de los programas de entrenamiento con resistencias son inexpertos o simplemente realizan programas de mantenimiento de la fuerza. Probablemente, estipular 1RM para la prescripción de la intensidad de carga no sea tan adecuado por los condicionantes que hemos definido anteriormente. Abogamos por utilizar otros métodos (ecuaciones de predicción y/o RPE) que nos guíen convenientemente a decretar la carga o intensidad a utilizar, de una forma más cómoda, simple e igual de eficaz. El éxito del programa de entrenamiento depende del seguimiento del mismo y de la modulación constante de los estímulos en función del progreso del participante.

Por otro lado, el nº de RM efectuados es un factor muy importante para conseguir el objetivo del entrenamiento deseado (Gráfico 2.3.5), asignando el nº de repeticiones específicas adecuadas en función del RM, múltiples RM o el porcentaje del RM.

ii. La prescripción del RM.

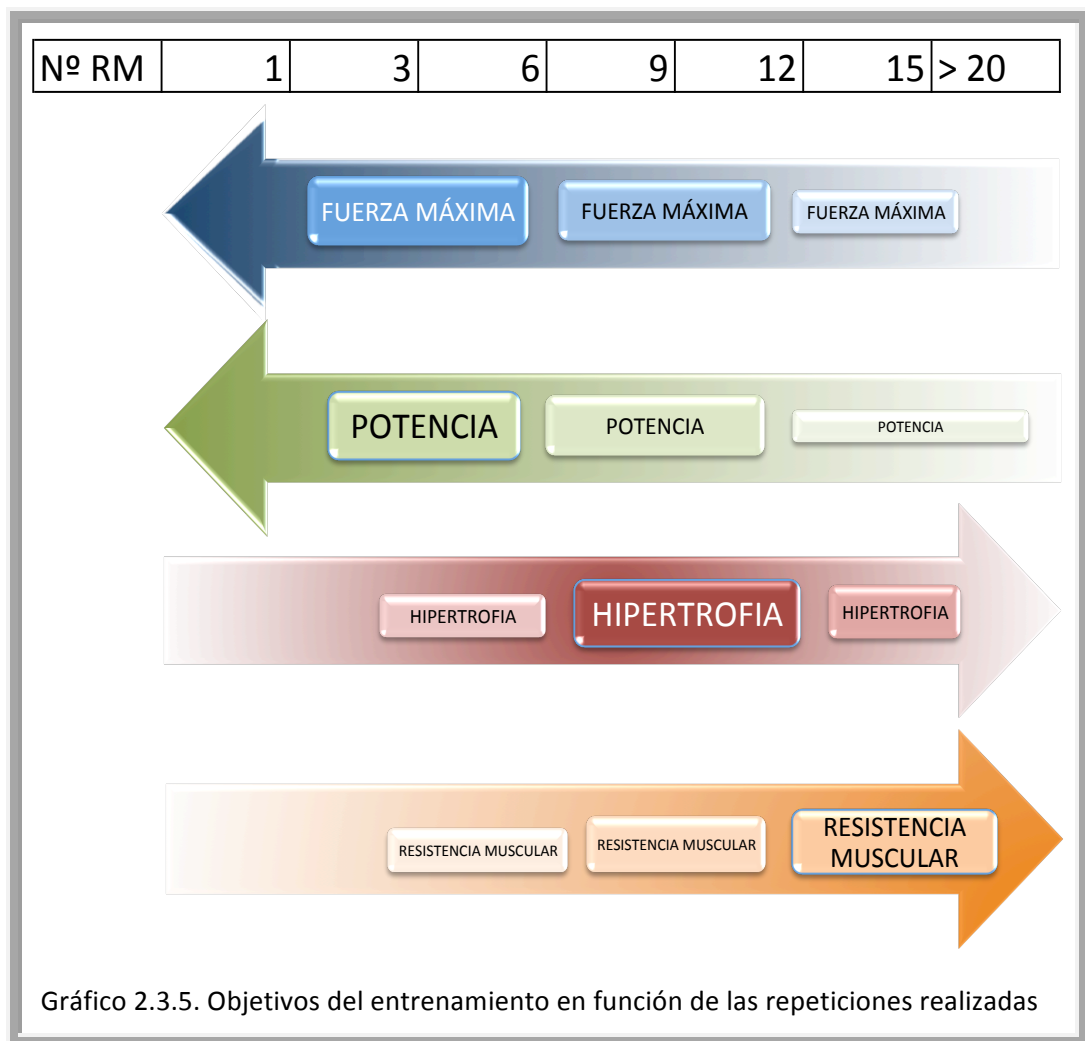
Está condicionada por el objetivo del entrenamiento (Tabla 2.3.1). Cuando se prescriben programas de entrenamiento a individuos no entrenados o con poca experiencia, se debe tener en consideración que las cargas relativamente bajas (40%-50% de 1RM) producen incrementos de los niveles de fuerza máxima

muscular^{94,98,286}.

En sujetos moderadamente entrenados las cargas ligeras que pueden ser levantadas entre 15 y 25RM, incrementan los niveles de FM²¹¹, siendo necesarios los aumentos progresivos de carga. Sin embargo, cuando hacemos alusión a deportistas con experiencia y entrenados, algún estudio determina como son precisas cargas mínimas del 80% de 1RM para que se produzcan adaptaciones neurales y de fuerza²²⁷. Otros estudios analizan los efectos del entrenamiento con cargas entre 1RM y 6RM (principalmente entre 5 y 6RM), concluyendo que este tipo de estímulos son los que aumentan en mayor medida la fuerza máxima dinámica^{287,288}. En la misma línea de conclusiones, otras investigaciones muestran cómo cargas elevadas entre 3 y 5RM producen mayores incrementos de fuerza que estímulos entre 9-11RM y 20-28RM⁹⁸. También se han observado aumentos en los niveles de fuerza utilizando cargas moderadas entre 8-12RM y más ligeras^{47,98}, si bien este tipo de estímulos no son los más idóneos para desarrollar mayores niveles de FM en levantadores avanzados²²⁷.

Como se deduce de las diversas investigaciones realizadas, el efecto que produce realizar un mayor o menor número de RM en el desarrollo de la fuerza muscular, está condicionado en cierta medida por el nivel del participante. Por ello, la intensidad de carga a aplicar durante un programa de entrenamiento debe ser acorde principalmente, al nivel madurativo del sistema neuromuscular. A partir de esta concepción, la periodización y la variedad de las cargas de entrenamiento

con resistencias es un proceso determinante en la evolución de los sujetos. Diversas investigaciones advierten la necesidad de establecer un plan para modular la variable intensidad^{199,207}. El uso de la variedad de cargas es más apropiado para mejorar los niveles de fuerza muscular a largo plazo, a pesar de las recomendaciones habituales de realizar 6RM¹⁹⁹.



Diversos estudios que han realizado un meta-análisis de datos han confirmado cómo las cargas próximas al 60% de 1RM producen incrementos de fuerza

muscular en principiantes¹⁹⁰, contribuyendo a facilitar el proceso de aprendizaje y la asimilación de la técnica de los ejercicios.

Tabla 2.3.1. Relación entre los objetivos del entrenamiento, repeticiones realizadas, volumen de entrenamiento y periodos de recuperación

Objetivo del entrenamiento	Intensidad relativa. % de 1RM	Nº de repeticiones	Volumen de entrenamiento	Periodo Recuperación
Fuerza Máxima	≥ 85%	≤ 6	2-6	2-5 min
FM Hipertrófica	66%- 85%	6-13	3-6	30 s-2min
Potencia (Dependiendo del ejercicio)	80%-90% (Especialidades que requieren un solo esfuerzo. Ej.: Halterofilia)	1-2	3-5	2-5 min
	60%-80% (Especialidades que requieren varios esfuerzos. Ejemplo: Sentadilla)	3-6	3-5	2-5 min
Resistencia Muscular	≤ 65%	≥ 14	2-4	≤30 s

Sin embargo, los sujetos entrenados necesitan estímulos próximos al 80%¹⁹⁰, y al

85% de 1RM en atletas²⁷⁷, para conseguir un mayor desarrollo de los niveles de fuerza muscular. No obstante, insistimos en que la variedad de cargas periodizadas parece ser el proceso más efectivo para producir mayores niveles de fuerza muscular⁷⁰.

Otro de los factores a resaltar en el entrenamiento con resistencias y habitual en el ámbito del fitness, está peligrosamente relacionado con la auto prescripción de la intensidad de los estímulos por parte de los usuarios practicantes. En diversas investigaciones se demuestra cómo la intensidad auto aplicada suele ser inferior a la recomendada^{289,290}. Uno de los principios fundamentales que deben cumplir los programas de entrenamiento para asegurar su efectividad, se cimienta en el umbral del estímulo o esfuerzo al que se somete al sujeto. Para asegurar adaptaciones adecuadas de carácter neuromuscular, hipertrófico y de desarrollo de la fuerza muscular, la intensidad de los estímulos planteados tiene que estar por encima del umbral mínimo de esfuerzo.

Teniendo en consideración lo aludido anteriormente, podríamos establecer diferentes formas o criterios de implementar las cargas en el entrenamiento con resistencias, dependiendo de la experiencia de entrenamiento de los individuos y del nivel de condición física:

- Estableciendo aumentos de la carga en función del % de 1RM.
- Aumentos de la carga dentro de una zona prescrita (ej.: entre 8RM y 15

RM).

- Incrementos de la carga basados en un nº de repeticiones a una determinada intensidad (% de RM).
- Incrementos de la carga en función de la percepción del esfuerzo por parte del participante.

iii. Magnitud del incremento de la carga.

La decisión de cuánto incrementar la carga durante el programa de entrenamiento es un aspecto delicado a considerar. La elección de la carga se debería establecer en función de la capacidad del deportista y la región corporal entrenada (Figura 2.3.3). Lo más indicado son aumentos de carga entre el 2.5% y 10%¹¹¹.

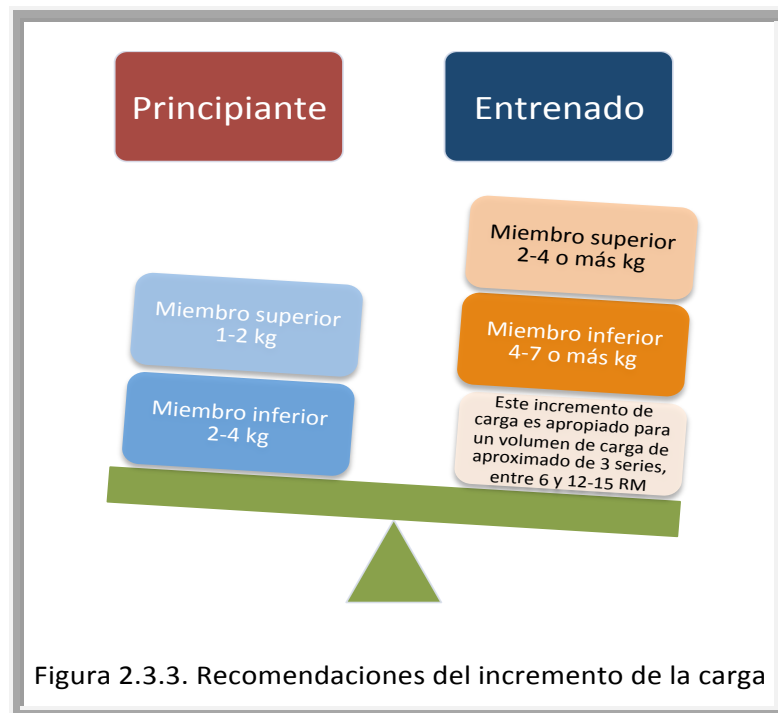


Figura 2.3.3. Recomendaciones del incremento de la carga

1.4.2 El volumen.

El volumen o volumen de carga^{291,292} podríamos definirlo como la cantidad total de carga realizada durante el entrenamiento. Las partes integrantes del volumen serían:

- El tiempo o la duración de los estímulos/carga total del entrenamiento.
- La carga elevada por unidad de tiempo (Kilogramos). Magnitud total del peso levantado en una sesión de entrenamiento^{191,293}.
- El nº de repeticiones o series de un ejercicio o elemento técnico ejecutado en una sesión^{191,210,294}. Una serie es un nº determinado de repeticiones realizadas de forma secuencial, completadas antes de que el deportista se detenga para recuperarse¹⁹¹.

Otra definición muy interesante del volumen de entrenamiento, hace referencia a la suma total del nº de repeticiones consumadas durante una sesión de entrenamiento, multiplicada por la resistencia utilizada (kg). Esta forma de cuantificar la carga de entrenamiento es un fiel reflejo de la duración del estrés al que es sometido el músculo¹⁰⁷.

Sin duda alguna, cuando hacemos referencia al entrenamiento con resistencias, el volumen afecta y condiciona en gran medida el tipo de adaptaciones que se producen de carácter neural²⁰⁰, metabólico²⁹⁵, hipertrófico²⁹⁶ y hormonal^{297,298,299,300}. El volumen de entrenamiento puede ser modificado

atendiendo a los siguientes aspectos: nº de ejercicios realizados por sesión, nº de repeticiones realizadas por serie o el nº de series realizadas por ejercicio.

i. Volumen óptimo.

La literatura científica no determina claramente cuál es el volumen de carga óptimo. Diversas investigaciones han mostrado cómo utilizando diferentes volúmenes de entrenamiento, modificando el nº de series por ejercicio en dos³⁰¹, tres^{47,302}, cuatro y cinco^{187,303} y seis o más^{250,304}, se obtienen incrementos significantes de fuerza muscular tanto en sujetos entrenados como no entrenados. Otros estudios reflejan aumentos de fuerza similares en principiantes cuando aplicamos dos y tres series³⁰⁵, y cuando comparamos dos y cuatro series³⁰⁶, mientras otro trabajo determina que la realización de tres series es más eficaz que efectuar 1 o 2 series³⁰⁷.

Si hacemos referencia a atletas también surgen controversias sobre el nº de series adecuado a realizar por grupo muscular en cada sesión. Un meta-análisis de 37 estudios ha evidenciado que cuando efectuamos aproximadamente 8 series por grupo muscular, se obtienen los mayores beneficios en los incrementos de fuerza^{277,308}.

ii. Simples VS. múltiples series.

Otro factor que se debe analizar en el volumen de carga es la diferencia que existe cuando aplicamos programas de entrenamiento de simples o múltiples

series. Existe una controversia generalizada con respecto a los resultados obtenidos. Diversos estudios ponen de manifiesto incrementos de fuerza similares en ambos procesos de entrenamiento^{309,310,311}, mientras otras investigaciones muestran aumentos superiores cuando se realizan programas de múltiples series en sujetos principiantes^{307,312,313}.

Las respuestas de los sujetos no entrenados a ambos procesos de entrenamiento son positivas, lo que aumenta las posibilidades de prescripción del ejercicio en el ámbito del fitness³¹⁴. Este aspecto nos debe hacer reflexionar sobre la necesidad de diseñar programas de entrenamiento que sean efectivos en calidad y no en cantidad, dependiendo del objetivo de cada participante, bien sea de mejorar o mantener la condición física y salud.

Las recomendaciones sobre el volumen de entrenamiento adecuado en función del nivel de práctica de los sujetos son:

- Los principiantes deben realizar entre una y tres series por ejercicio realizado^{277,301,305,306,307,308,309}.
- En individuos con un nivel de práctica moderada y avanzada, se recomienda efectuar múltiples series con una sistemática modificación del volumen y de la intensidad durante un proceso de entrenamiento periodizado^{202,291,302,315,316,317}.
- Para evitar episodios de sobreentrenamiento, el exceso de volumen de

entrenamiento no es recomendado.

1.4.3 La densidad.

Podríamos definirla como la relación existente entre el tiempo de esfuerzo real y las pausas de recuperación establecidas en una sesión de entrenamiento. Como dice Grosser (1988)³¹⁸: “la relación puntual entre la duración del estímulo y la recuperación está supeditada al objetivo y nivel de rendimiento”. Cuando se altera este vínculo entre el tiempo de esfuerzo y el periodo de recuperación, se puede cambiar diametralmente la dirección u objetivo de entrenamiento.

Desde esta perspectiva se podría concretar que la intensidad es el parámetro que define la calidad del estímulo, el volumen la cantidad de carga y la densidad es el aspecto cualitativo que define la carga. Asociando estos componentes (Vo, I y R) adecuadamente, se asegura el nivel de esfuerzo pretendido y la eficacia de los estímulos en la sesión de entrenamiento.

En el entrenamiento con resistencias afiliado al ámbito del fitness, muchos de los problemas coligados a la consecución de los objetivos se producen por una inadecuada gestión de la densidad de la carga. Es habitual observar el estancamiento de los individuos en el desarrollo de la fuerza muscular, hipertrofia y potencia debido a la repetición abusiva de ejercicios, inadecuada intensidad y volumen de carga y un inexistente control de la recuperación. Además, hay una tendencia generalizada de los sujetos a creer en una serie de mitos o leyendas derivadas del entrenamiento con resistencias que

comprometen su evolución:

- “Cuanto más tiempo se entrene o más series se efectúen, más beneficios se obtienen”.
- “En el entrenamiento de la hipertrofia se deben efectuar repeticiones hasta el fallo”.
- “Se deben entrenar uno o dos grupos musculares por día”.
- “No hay control del tiempo de recuperación”.
- “etc., etc.”

Por ello, la densidad del entrenamiento es otro parámetro a pautar en los programas de entrenamiento periodizados. Sin embargo, consideramos que el control de esta variable del fitness muscular debe producirse en todas las unidades temporales, implantadas por el entrenador en la periodización del programa de entrenamiento.

La valoración de la densidad total del programa de entrenamiento debe ser un sumatorio de todas las sesiones, dando lugar a otras unidades temporales de mayor duración. Esta evaluación es vital para la obtención de los objetivos propuestos.

Como ya hemos comentado previamente, la manipulación de la variable densidad condiciona el objetivo del entrenamiento. Los efectos hormonales y

metabólicos dependen de la relación establecida entre el tiempo de esfuerzo y las pautas de recuperación. Kraemer y cols. (1990)²⁹⁸ comparan las concentraciones de testosterona aplicando diversas densidades de carga. Las conclusiones de sus trabajos relatan que realizar 5 o 10 rep./serie conlleva aumentos similares en las concentraciones de testosterona. Sin embargo, éstas son significativamente incrementadas al realizar 10 rep./serie con un intervalo de recuperación de 1' entre serie, en vez de 3'.

La hormona de crecimiento tiene un comportamiento similar. Se ve aumentada en mayor medida cuando efectuamos 10 rep./serie en vez de 5 rep./serie. Intervalos de descanso de 1' entre serie muestran ser más efectivos que 3'²⁹⁸. Estos mecanismos hormonales producidos son idóneos para favorecer el desarrollo hipertrófico⁴⁷ provocando la transformación de las fibras IIb a IIa. Por ello, esta densidad de carga no es la más aconsejable para la máxima expresión de la fuerza desarrollada en el tiempo (RFD y FMD). Si durante la sesión de entrenamiento se disminuye el tiempo de recuperación entre series, hay una tendencia a reducir los efectos sobre la fuerza máxima dinámica y explosiva²⁹².

Rooney y cols. (1994)³¹⁹ comparan el tiempo de recuperación entre repeticiones de una misma serie (6-10 rep./ serie), llegando a la conclusión de que realizando repeticiones sin descanso en la propia serie, se aumentan en mayor medida los niveles de FMD, que con pausas de 30'' entre repetición. Tidow (1995)³²⁰, considera que el incremento del tiempo de recuperación entre repeticiones,

centraliza los objetivos del entrenamiento en el desarrollo de la velocidad y potencia, y en menor medida en el desarrollo de la FMD. El principal hándicap de estos estudios es que se llevaron a cabo sobre individuos poco o nada entrenados, lo que nos genera alguna duda sobre los posibles efectos en deportistas entrenados.

Con respecto a los efectos metabólicos, cuando se ejecutan un mayor nº de repeticiones por serie, además de aumentar las concentraciones de lactato, se podría incrementar la actividad de las enzimas oxidativas en las fibras rápidas³²¹. Sin embargo, Tan (1999)³²² considera que este proceso se podría deber a la disminución de los intervalos de recuperación entre series.

De las diversas investigaciones que hay al respecto, nos sacamos las siguientes recomendaciones:

- El control de la densidad de la carga es fundamental para reconducir la tendencia u objetivos del entrenamiento.
- Si el objetivo perseguido es estructural (hipertrofia) los tiempos de recuperación deben ser cortos. Si al reducir las pausas de recuperación entre serie, el deportista no es capaz de mantener un nº de repeticiones adecuado a la intensidad relativa establecida, se debe de bajar el peso para seguir efectuando un nº similar de repeticiones, conservando los efectos hormonales y metabólicos.

- Si el objetivo es el incremento de la FMD, los tiempos de recuperación en relación a la carga establecida deben ser amplios. Si fuera necesario, para mantener los niveles de fuerza, los intervalos de descanso se podrían aumentar. Si las repeticiones previstas no se pueden mantener al efectuar las series, se debería suspender el entrenamiento o disminuir la carga.
- Si el objetivo del entrenamiento es desarrollar la potencia, los tiempos de recuperación deben ser amplios. Si el sujeto no es capaz de conservar los niveles de velocidad de movimiento con la resistencia establecida, se debería aumentar el tiempo de recuperación entre las series. Si persiste la fatiga se debe interrumpir el entrenamiento, a no ser que el objetivo sea desarrollar la resistencia a la fuerza velocidad.
- Si el objetivo del entrenamiento es la resistencia muscular, las pausas de descanso se deben disminuir para mejorar la capacidad del músculo o grupos musculares de oponerse a la fatiga, siempre y cuando se mantengan los niveles de fuerza pautados a una determinada intensidad. En caso contrario, se debería disminuir la carga de entrenamiento. Si la fatiga ocasionada por una alta densidad de carga es excesiva, es recomendable suspender el entrenamiento.

1.4.4 El periodo de recuperación.

Lo podemos definir como el tiempo de descanso entre series, ejercicios y sesiones necesario para desencadenar los mecanismos fisiológicos y mecánicos

idóneos, para la consecución de los objetivos del entrenamiento (fuerza, potencia, hipertrofia, resistencia muscular). Sin duda alguna, el estímulo planteado y el consiguiente tiempo de recuperación condiciona el tipo de respuestas metabólicas³²³, hormonales⁵⁵, cardiovasculares¹⁰⁸, el rendimiento en las siguientes series²²⁶, así como las adaptaciones a largo plazo²⁹². Los intervalos de descanso dependen principalmente de varios condicionantes:

- El nivel del practicante.
- El objetivo perseguido por el practicante (hipertrofia, fuerza muscular, potencia, acondicionamiento físico, etc.).
- La complejidad de los ejercicios o del programa de entrenamiento. Por ejemplo, los ejercicios de levantamiento Olímpico y sus variantes son más complejos y requieren de tiempos de recuperación más amplios.

Las adaptaciones que se van consiguiendo durante el proceso de entrenamiento, inducen a tolerar periodos de recuperación más cortos^{191,241,324}. Sin embargo, el entrenamiento de los deportistas que entrenan con cargas máximas o casi máximas necesita más tiempo de descanso entre cada sesión^{191,241,324,325}, especialmente en ejercicios para el tren inferior o estructurales³²⁶.

Realizando un programa de entrenamiento con resistencias de alta intensidad, el rendimiento puede verse mermado si pautamos tiempos de recuperación entre 1 y 3 minutos³⁰², provocando la recuperación incompleta de la fuerza

muscular³²⁷. Tiempos de recuperación entre 3 y 5 minutos aumentan en mayor medida el rendimiento de la fuerza muscular, que intervalos de descanso entre 30 segundos y 2 minutos^{295,328,329,330,331}.

Los periodos de recuperación más adecuados los podemos establecer a partir de los dos minutos³³², entre 2-5 minutos^{323,333} y entre 3-5 minutos^{191,238,241,324}. Estos lapsos de recuperación parecen ser idóneos para el desarrollo de la fuerza máxima y potencia muscular²¹⁷.

Sin embargo, en los programas de entrenamiento enfocados a la hipertrofia los mecanismos de adaptación fisiológica y mecánica son diferentes, siendo necesarios tiempos de recuperación moderados o cortos^{191,217,238}. A diferencia de los programas de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza muscular y potencia, diversos estudios muestran cómo para el aumento de la masa muscular, es recomendable el inicio de la siguiente serie antes de que se haya completado la recuperación completa de la serie efectuada previamente³³⁴. Si los ejercicios desarrollados implican grandes masas musculares las demandas metabólicas serán mayores, por tanto el periodo de descanso debería ser mayor²³⁸. Diversas investigaciones recomiendan tiempos de recuperación inferiores al minuto y medio²¹⁷, entre 30 segundos y 1 minuto^{323,333} o entre 30 segundos y 1 minuto y medio³³⁴.

Por otro lado, en los programas de entrenamiento de la resistencia muscular los tiempos de recuperación son cortos, habitualmente inferiores a los 30

segundos²³⁶. Una metodología de entrenamiento muy habitual para el desarrollo de la resistencia muscular es el “entrenamiento en circuito”²³⁹, limitando el tiempo de recuperación igual o inferior a 30 segundos^{335,336}. En individuos principiantes los programas de entrenamiento de resistencias en circuito, utilizando breves periodos de recuperación, han demostrado producir incrementos moderados de fuerza³³⁷. Otros estudios longitudinales indican incrementos de fuerza más significativos cuando se establecen periodos de recuperación más largos, entre 2 y 5 minutos, que cortos entre 30 segundos y 1 minuto^{292,338,339}.

Como hemos comentado anteriormente, otro de los aspectos que condiciona el tiempo de recuperación es el tipo de ejercicio. Hay indicios de estudios que determinan que los ejercicios que implican la musculatura de las extremidades superiores, se recuperan antes que las extremidades inferiores ante cargas elevadas de trabajo²⁷⁶. La recuperación es más lenta cuando efectuamos ejercicios multiarticulares que cuando realizamos ejercicios que implican una sola articulación²³⁸.

1.5 Los recursos materiales.

1.5.1 Pesos libres VS. máquinas.

En el ámbito del fitness las máquinas han sido consideradas como más seguras y de fácil aprendizaje y manejo. Además, facilitan la realización de ciertos ejercicios que presentan mayor complejidad en la ejecución técnica, como por

ejemplo la sentadilla. Las principales características de los ejercicios en máquina es que permiten la estabilización del cuerpo, limitando el movimiento de las articulaciones específicas implicadas en la producción de fuerza sinergista. Sin embargo, conllevan una menor activación neural en comparación con los pesos libres³⁴⁰.

Una de las ventajas de los pesos libres es que estimulan en mayor medida la coordinación inter e intramuscular, permitiendo una mayor similitud con determinadas tareas motrices específicas. Sin embargo, cuando hablamos de aumentar los niveles de producción de fuerza ambas han demostrado su efectividad. El entrenamiento con pesos libres incrementa el rendimiento en los test con pesos libres y las máquinas lo mejoran en las evaluaciones realizadas con máquinas³⁴¹. Cuando efectuamos un test neutral con otros aparatos diferentes los incrementos de fuerza son similares³⁴².

Consideramos que la utilización de unos aparatos u otros (Fig.: 2.3.4) estará condicionado, principalmente, por estos tres aspectos:

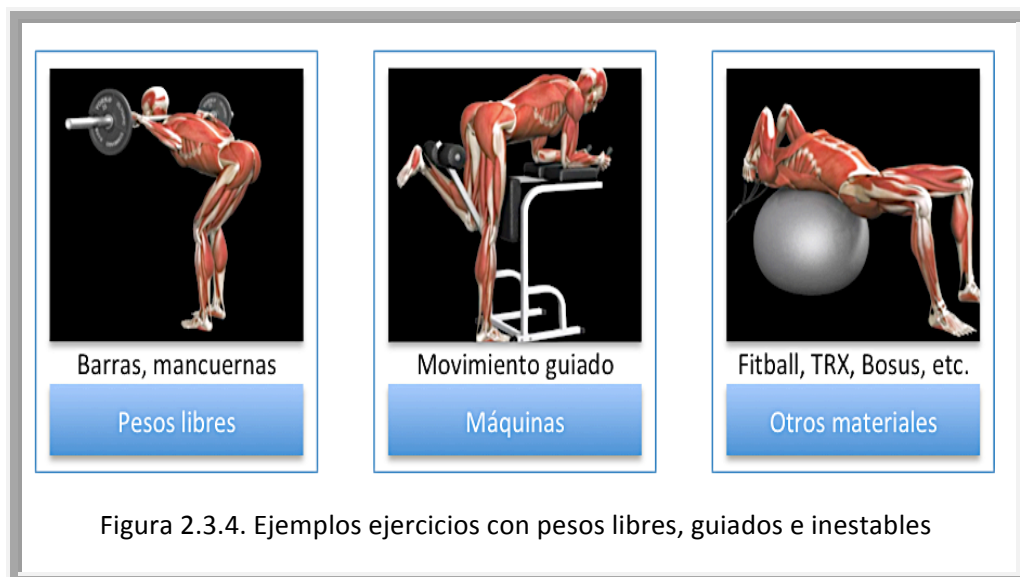
- i. El objetivo perseguido relacionado con la condición física y salud de los sujetos.
- ii. El nivel o status de entrenamiento de las personas.
- iii. La familiarización con los movimientos de los ejercicios específicos.

En los programas de entrenamiento con resistencias se recomienda la utilización

de ambos medios, pesos libres y máquinas de peso^{97,340,341,343}. Cuando el nivel de los deportistas es avanzado, es más efectiva la utilización de pesos libres, siendo necesario complementar el proceso de entrenamiento con ejercicios en máquinas^{198,200,273,313}.

1.5.2 Aparatos Inestables. TRX® y Bosu®.

A pesar de no haber demasiadas evidencias científicas²²⁵ sobre los beneficios que reportan en el ámbito del fitness, en los últimos años el uso de las superficies inestables (Fig.: 2.3.5) han adquirido una gran popularidad en los centros de fitness y deportivos, clínicas de rehabilitación, equipos deportivos, etc. Inicialmente fueron utilizadas principalmente para la salud, prevención y recuperación de lesiones. En la actualidad, su uso se está expandiendo al ámbito del rendimiento deportivo.





CAPÍTULO IV. ENTRENAMIENTO EN CIRCUITO

1. ORÍGENES Y CONCEPTO.

Aunque ya era utilizado en la antigua Grecia y época romana, los primeros indicios que se conocen del entrenamiento en circuito provienen de la Universidad de Leeds en 1958. Morgan y Adamson (1959)³⁴⁴ efectuaron estudios aplicando esta forma de entrenamiento sobre escolares de 14-15 años, con el objetivo de mejorar la eficiencia física de una manera genérica y con posibilidades de que sirviera de preparación para otras modalidades deportivas. Comprobaron cómo esta metodología mejoraba el rendimiento deportivo, concretamente, en el incremento de la fuerza general, capacidad de resistencia, regulación cardiocirculatoria, capacidad de absorción del oxígeno, metabolismo y variables psicológicas como desarrollo de la voluntad, autoestima, etc. A este sistema de entrenamiento lo denominaron “circuit training” porque se realizaban los ejercicios de una forma continuada. Su principal expansión comenzó fundamentalmente en los países nórdicos, siendo luego en Alemania donde se utilizó y estudió con mayor profundidad. Los responsables de esta sistematización fueron U. Jonath (1971)³⁴⁵ y M. Scholich (1986)³⁴⁶. En la década de los 80, Pliley (1989)³⁴⁷ hizo numerosas investigaciones sobre los efectos cardiovasculares de este sistema de entrenamiento, estableciendo un punto de partida para otros estudios sobre poblaciones que presentaban diferentes patologías^{348,349,350}. A partir de este momento se convirtió en una idónea

alternativa para la prevención de enfermedades y mejora de la salud³⁵¹.

El concepto de “entrenamiento en circuito” procede de la expresión inglesa “circuit training”, y éste a su vez tiene su origen en el término en latín “circuitus”, que significa ronda, circuito, giro, periodo. Aunque originalmente estaba confeccionado para el desarrollo de la fuerza, en la actualidad es un sistema de organización del entrenamiento que ofrece múltiples enfoques y posibilidades^{352,353,354}, pudiéndose trabajar todo tipo de cualidades físicas, diferentes grupos musculares, en función de la edad de los participantes y del objetivo, bien sea de rendimiento deportivo y/o fitness. Por ello, se ha convertido en un importante recurso de trabajo para numerosas modalidades deportivas. Su amplia gama de modos de enfocar el entrenamiento aumenta su funcionalidad, siendo idóneo para cualquier nivel de actividad física y/o condición social.

M. Scholich (1986)³⁴⁶ definió el circuit training como una “forma de organización para desarrollar y perfeccionar las cualidades del movimiento, utilizando los ejercicios corporales ya conocidos y dominados”. Extendió su concepto aplicándolo al ámbito del fitness³⁵⁵: “El entrenamiento en circuito es un método de entrenamiento del fitness diseñado para desarrollar en general, todo tipo de condición física y cardiovascular”. Por ello, consideramos el entrenamiento en circuito como “Una sucesión de ejercicios sistemáticos, organizados y estructurados atendiendo a principios metodológicos, cuyo objetivo es la mejora

general del organismo, en especial la aptitud muscular y cardiorrespiratoria”.

Desde otro punto de vista más práctico, el circuit training se define como la combinación de diversos ejercicios anaeróbicos realizados consecutivamente, con periodos de recuperación muy cortos o inexistentes, para lograr un efecto de entrenamiento cardiovascular^{356,357}.

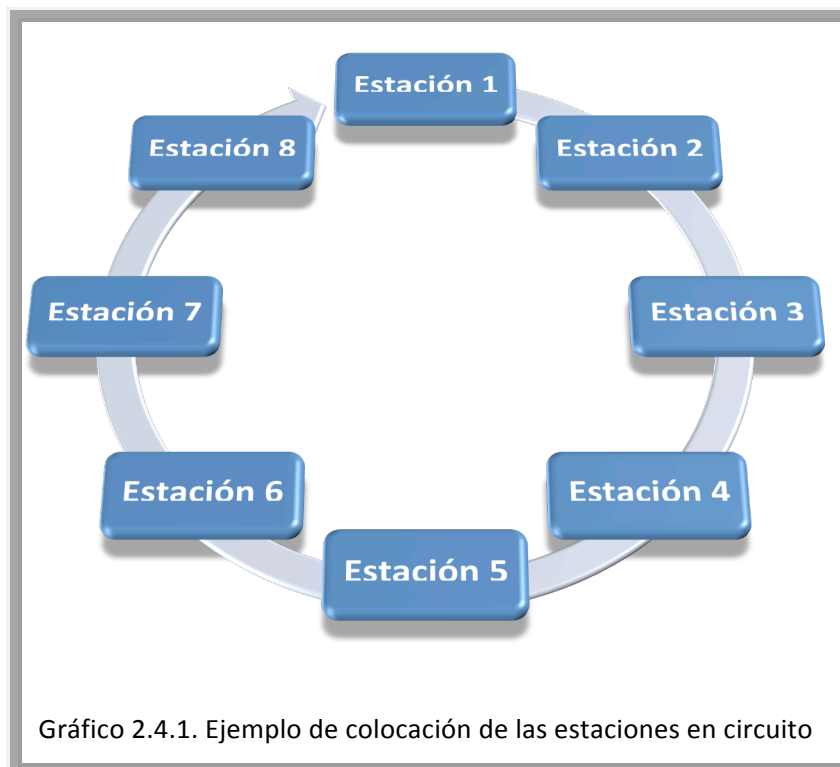
El entrenamiento en circuito es una metodología de entrenamiento que no pasa desapercibida a la evolución tecnológica, pudiendo utilizar infinidad de medios y recursos materiales que ayuden a conseguir los objetivos propuestos.

En el entrenamiento en circuito se seleccionan los ejercicios organizados en las denominadas “estaciones” o “postas”. Suele ser habitual que a cada ejercicio le corresponda una estación. Se establece un orden de rotación de tal manera que el sujeto debe de efectuar todas las estaciones hasta completarlas (Gráfico 2.4.1). El tiempo de recuperación entre cada serie se estipula en función del objetivo perseguido, o se establece desde que finalizas una estación hasta que comienzas la siguiente, o del tiempo que tardas en cambiar de una estación a otra, según el orden de rotación planteado.

2. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS.

En la actualidad, la popularidad del circuit training conlleva que sea una forma de entrenamiento objeto de estudio en multitud de investigaciones. Teóricamente, los objetivos son aumentar la fuerza muscular, la resistencia y el fitness

cardiorrespiratorio^{358,359}. Utilizando cargas ligeras y mínimos tiempos de recuperación se producen incrementos del VO_{2max} , máxima ventilación pulmonar, capacidad funcional y fuerza, mientras se reduce la grasa corporal mejorando la composición corporal^{337,360,361}. Sin embargo, otros estudios llegan a la conclusión de que el entrenamiento en circuito tradicional incrementa los niveles de fuerza y desarrolla muy poco la máxima capacidad aeróbica^{362,363,364,365}. El entrenamiento en circuito parece ser un procedimiento muy adecuado para el incremento de la fuerza, generando bastante controversia con respecto al desarrollo del rendimiento aeróbico.



En sujetos poco entrenados o sedentarios el entrenamiento en circuito mejora la capacidad aeróbica, mientras que en individuos con una elevada capacidad

aeróbica tiene un efecto, principalmente, de mantenimiento. El entrenamiento en circuito parece ser apto para el cuidado de la salud y la condición física, reduciendo el tiempo de entrenamiento y sin tener que utilizar una metodología de entrenamiento aeróbica específica.

Por otro lado, no es tan habitual usar esta metodología de entrenamiento utilizando una intensidad de carga alta. Algunas investigaciones³⁶⁶ muestran mejoras cardiovasculares similares a otros estudios que manifestaron una considerable respuesta cardiovascular³⁶⁷, además de un significativo desarrollo de la fuerza y masa muscular, semejante al conseguido con el entrenamiento tradicional de fuerza³⁶⁶.

Hay muchas evidencias literarias que justifican la importancia del entrenamiento de resistencias tradicional para el desarrollo de la fuerza y potencia muscular^{73,74,75}.

Sin embargo, son escasos los trabajos que hablan del entrenamiento en circuito de alta intensidad de carga para incrementar los niveles de potencia muscular. Quizás porque para optimizar estas ganancias de potencia muscular es necesario establecer adecuados tiempos de recuperación a partir de los dos minutos^{217,332}, entre 2-5 minutos^{323,333} y entre 3-5 minutos^{191,238,241,324}. Teniendo en cuenta que el entrenamiento en circuito está asociado a una mayor fatiga muscular y a producir adaptaciones positivas en la resistencia muscular localizada, disminuyendo en la medida de lo posible las pausas de recuperación, parece

contradictorio que el “circuit training” de alta intensidad sea la mejor metodología para incrementar la potencia muscular.

Sin embargo, un estudio muy interesante de Alcaraz y cols. (2011)³⁶⁶ muestra cómo este sistema de entrenamiento produce incrementos similares de potencia muscular, que el entrenamiento tradicional de fuerza a una intensidad de carga entre el 30%-80% de 1 RM. La justificación principal se fundamenta en las bajas repeticiones realizadas, la alta intensidad de carga y la intención de mover la carga lo más rápidamente posible.

Desde nuestro punto de vista, consideramos que otro aspecto relevante puede ser el orden de distribución y selección de los ejercicios. Las estaciones del circuito podrían ser diseñadas de tal forma que se establecieran unos intervalos de recuperación adecuados entre los grupos musculares. Si una estación implica un ejercicio con determinados grupos musculares, éstos no serán trabajados en las inmediatas estaciones o postas hasta que haya pasado un intervalo de descanso prudencial. Este aspecto es fundamental para el desarrollo de la potencia muscular en el entrenamiento en circuito.

Sin duda, el entrenamiento en circuito es una metodología de entrenamiento que ofrece multitud de posibilidades para trabajar y combinar las diferentes cualidades físicas, siendo muy adaptable a la especificidad que requieren muchas modalidades y especialidades deportivas.

3. FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO EN CIRCUITO.

La realización de un programa de entrenamiento en circuito se debe cimentar en la reflexión sobre ciertos factores que son elementales.

- *Relativos a la persona.*

Estado de salud, sexo, edad, madurez biológica, experiencia, nivel de condición física, objetivos a conseguir.

- *Relativos al programa de entrenamiento.*
- Objetivos/Enfoque: rendimiento deportivo, actividad física y salud, rehabilitación, especificidad deportiva, etc.
- Duración del programa y división en unidades temporales más pequeñas.
- Manifestación de la fuerza a trabajar en cada periodo.
- Sin/con objetivos cardiovasculares.
- Individualización o colectivización.
- Frecuencia de entrenamiento.
- Progresión.
- Periodos de descanso o recuperación entre sesiones, periodo de entrenamiento, etc.

- *Relativos al entrenamiento en circuito con resistencias.*
- Objetivos de los ejercicios, sesión.
- Grupos musculares a trabajar.
- Control de las ejecuciones técnicas.
- Medios o recursos materiales a utilizar.
- Organización: estructura temporal, orden, número y selección de ejercicios o estaciones, dificultad de los ejercicios, nº de series y repeticiones o tiempo de duración de los estímulos.
- Volumen, intensidad y densidad de los estímulos.
- Velocidad/ritmo de ejecución.
- Periodos de descanso o recuperación entre estación, repetición o serie.
- Duración de los ejercicios, circuito.
- Progresión de los estímulos/carga.

4. PRINCIPIOS METODOLÓGICOS.

En el diseño del proceso de entrenamiento en circuito se debe de tener en consideración una serie de principios metodológicos con el fin de conseguir los objetivos propuestos inicialmente.

4.1 Selección del ejercicio.

El desarrollo de las diferentes cualidades físicas en el entrenamiento en circuito está condicionado por el tipo de estímulo planteado. El tipo de ejercicio va a determinar la intensidad de los estímulos, ya que hay ejercicios de por sí que presentan una dificultad y/o exigencia técnica mayor, incrementando la intensidad del mismo. A modo de ejemplo, no es lo mismo realizar una “cargada” (ejercicio típico de halterofilia) que una flexión de codo para el bíceps. En la “cargada” la ejecución técnica correcta depende de la implicación y coordinación de varias articulaciones y grupos musculares, mientras que el ejercicio de flexión del codo es un movimiento simple que implica una articulación y grupo muscular. Es recomendable realizar ejercicios que involucren grandes masas musculares. Se aconseja seleccionar y realizar los ejercicios en función de su nivel de dificultad, es decir, inicialmente se efectuarán ejercicios o tareas sencillas para ir progresando a ejercicios más complejos, dependiendo de la capacidad evolutiva de los sujetos.

La selección de los ejercicios también se realiza en función de los grupos musculares a entrenar. Esto permite efectuar una clasificación desde un punto de vista anatómico atendiendo a los siguientes criterios:

- Ejercicios para el fortalecimiento de las extremidades superiores (brazos).
- Ejercicios para el desarrollo de las extremidades inferiores (piernas).

- Ejercicios para el fortalecimiento del pectoral y hombro.
- Ejercicios para el fortalecimiento de la espalda.
- Ejercicios para el fortalecimiento de la zona abdominal y lumbar.
- Ejercicios combinados que impliquen diversas estructuras anatómicas.

4.2 Número de ejercicios/estaciones.

El nº de ejercicios a realizar dependerá de los factores antes mencionados, relativos a la persona y a los objetivos planteados.

Se pueden establecer varios tipos de circuito: corto entre 6-9 ejercicios, medio entre 9-12 y largo entre 12-15 ejercicios. Habitualmente el nº de ejercicios por grupo muscular debe ser proporcional, es decir, trabajarlos todos por igual. No obstante este aspecto va a depender de los objetivos del entrenamiento pudiendo incidir más en unos u otros grupos musculares.

Aunque se ha establecido un criterio del nº de ejercicios a efectuar, se podrían incrementar o disminuir en función de los objetivos planteados o de los requerimientos específicos que conlleven las actividades físicas o modalidades deportivas.

4.3 Determinación de la carga. Nº de repeticiones.

El nº de repeticiones por ejercicio se plantea en función del objetivo perseguido y es determinado individualmente en cada participante. La carga se establece en

función de diversos factores: el peso corporal del sujeto, la resistencia a vencer, la posición corporal, etc.

Según Vinuesa y Coll (1987)³⁶⁸ la carga inicial se puede establecer de dos formas:

- En función del nº de repeticiones. Para ello se realiza un test máximo de los ejercicios planteados en el programa. Se intentan ejecutar el mayor nº de repeticiones posibles correctamente. Éstas determinan el 100% de intensidad o máxima carga de trabajo, y a partir de ahí se determina el nº de repeticiones que corresponde a cada porcentaje de intensidad en función del objetivo del entrenamiento. A modo de ejemplo, si en el test máximo del ejercicio “sentadilla” se han efectuado correctamente 20 repeticiones, el 50% del máximo nº de repeticiones realizadas son 10 repeticiones.
- En función del tiempo. Consiste en realizar el mayor nº de repeticiones correctas de los ejercicios elegidos en un tiempo determinado. El nº de repeticiones efectuado será el 100% de intensidad. Se determina el nº de repeticiones que corresponde a cada porcentaje de intensidad en función del objetivo del entrenamiento. A modo de ejemplo, si en el test máximo del ejercicio press de banca se han efectuado en un tiempo determinado de 30’’ correctamente 30 repeticiones, el 50% del máximo nº de repeticiones realizadas son 15 repeticiones.

M. Scholich (1986)³⁴⁶ establece diferentes formas de establecer el nº de

repeticiones en cada estación en función del efecto del entrenamiento perseguido:

- En cada estación: 6-8 repeticiones.
- En cada estación: 8-12 repeticiones.
- En cada estación: 15-25 repeticiones.
- En cada estación: 30-40 repeticiones.
- 50% de los ejercicios con 10 repeticiones y 50% 20 repeticiones.
- 50% de los ejercicios con 30-40 repeticiones y 50% con 20-30 repeticiones.
- 75% de los ejercicios con 10 repeticiones y 25% con 20-30 repeticiones.
- 75% de los ejercicios con 20-30 repeticiones y 25% con 10 repeticiones.

Según el propio autor esta forma de estructurar las repeticiones produce incrementos en la capacidad de fuerza de un modo multilateral. La determinación de los diferentes grados de carga se debe fundamentar en los siguientes criterios:

- a) Desarrollo de la fuerza: el grado de esfuerzo del ejercicio permite efectuar hasta 10 repeticiones.
- b) Desarrollo de la fuerza resistencia: el grado de esfuerzo del ejercicio

permite efectuar más de 10 y menos de 30 repeticiones.

4.4 Progresión de la carga.

J. Mora (1989)³⁶⁹ establece una serie de consideraciones para incrementar progresivamente la carga de entrenamiento.

Si el objetivo es mejorar la resistencia se deben modificar ciertos parámetros como:

- Aumento del tiempo de ejercitación.
- Disminución de la pausa de recuperación entre ejercicios o estaciones.
- Aumento del número de circuitos.
- Disminución de la pausa de recuperación entre circuitos.

Si el objetivo va más enfocado a la mejora de la fuerza se debe:

- Aumentar la resistencia a desplazar, que puede obtenerse:
 - Aumentando el peso del elemento utilizado: balón medicinal, colchoneta, banco, barra, bolsa de arena, etc.
 - Modificando la posición o desplazando el centro de gravedad, para que actúe mayor o menor cantidad de peso del cuerpo en la acción.
- Aumentar la distancia o altura: del salto, lanzamiento, trepa, subida, etc.
- Alternando los brazos de palanca. A brazo de resistencia más corto, menos esfuerzo y viceversa.
- Alternar la velocidad de ejecución en las acciones musculares.

- Aislar el grupo muscular, evitando la colaboración de otros grupos musculares para realizar los ejercicios.
- Aumentar el tiempo de acción.

4.5 Alternancia de los grupos musculares.

Cuando diseñamos el circuito es muy importante establecer las estaciones correspondientes a cada ejercicio, de tal forma que se vayan alternando los grupos musculares. Este aspecto provoca periodos de recuperación adecuados entre los mismos grupos musculares, evitando la fatiga muscular excesiva y reduciendo la pausa de descanso entre cada ejercicio con el fin de incrementar el trabajo cardiovascular y pulmonar. Como dice M. Scholich (1986)³⁴⁶ “Mientras un grupo muscular es estimulado otro grupo muscular se recupera activamente”. Sin embargo, un mismo grupo muscular puede ser estimulado con varios ejercicios seguidos, según sea el efecto de entrenamiento buscado.

4.6 Ejecución técnica de los ejercicios.

Los ejercicios deben ser realizados acorde a una técnica idónea, principalmente para la consecución de los objetivos propuestos y evitar posibles lesiones. Por ello, son fundamentales las indicaciones constantes por parte del entrenador o preparador a los participantes que van a efectuar el programa de entrenamiento.

4.7 Reglas pedagógicas.

M. Scholich (1986)³⁴⁶ estableció una serie de normas pedagógicas relacionadas

con la organización y estructuración metodológica, aplicación de los métodos de carga, ejercicios, sistematización en el desarrollo de la carga y evaluación del rendimiento:

- Fortalecer la salud.
- Desarrollo multilateral.
- Seleccionar ejercicios que sean útiles.
- Entrenar regularmente y conscientemente.
- Repetir el programa durante largo tiempo.
- Incrementar sistemáticamente y progresivamente la carga.
- Ejercitarse regularmente para que la fuerza, velocidad y resistencia mantengan el efecto residual en el organismo durante el mayor tiempo posible, aun cuando se produzcan pausas forzosas.
- Adecuar el entrenamiento a la edad, nivel de entrenamiento y condición física y salud.

B
L
O
Q
U
E

EL PAPEL DE LA PERCEPCIÓN
SUBJETIVA DEL ESFUERZO EN EL
DISEÑO DEL MODELO DE
PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO

I
I
I

CAPÍTULO V. RANGO O RATING DEL ESFUERZO PERCIBIDO. LA ESCALA DE BORG.

1. ORÍGENES Y CONCEPTO.

Conocida en el ámbito científico como rango de esfuerzo percibido (REP), rating of perceived effort (RPE) o Escala de Borg. Su creador fue el fisiólogo de origen sueco Gunnar Borg. Podemos definir el esfuerzo percibido como una valoración subjetiva que indica la opinión del sujeto respecto a la intensidad del ejercicio realizado³⁷⁰, o como el acto de detectar e interpretar las sensaciones que provienen del cuerpo durante el ejercicio³⁷¹. A mitad de la década de los 60 el profesor Borg desarrolló unas escalas, con el objetivo de poder cuantificar el esfuerzo percibido por los practicantes cuando estos realizaban actividades físicas y deportivas. La idea inicial de Borg era ofrecer una alternativa a los indicadores objetivos de control del esfuerzo (Lactato, FC, VO_{2max} , etc.), donde la opinión del atleta sobre la repercusión de las cargas de entrenamiento en su organismo resultaba muy importante³⁷².

La escala pretende dar criterios suficientes para realizar los ajustes necesarios y precisos en la intensidad del ejercicio, y así poder establecer con mayor precisión la carga de entrenamiento en las actividades físico deportivas y de rehabilitación cardíaca³⁷³. Consideramos que además es idónea para el control de otros parámetros como el volumen de entrenamiento, la densidad, el tipo de ejercicios, etc. El objetivo es mejorar el proceso de entrenamiento (aplicación de

las cargas, periodización, etc.) mediante el conocimiento de nuevos indicadores psicofisiológicos subjetivos, que perfeccionan y enriquecen la información aportada por otras medidas objetivas de control del entrenamiento. Este aspecto es muy importante para una elaboración adecuada del programa de entrenamiento por el preparador. La escala de Borg lleva más de 30 años siendo aplicada en el campo de la evaluación del ejercicio y en los últimos 20 años su utilización se ha hecho extensiva al ámbito clínico³⁷⁴.

En uno de sus numerosos estudios, Borg (1998)³⁷⁵ descubrió que las sensaciones de los participantes no se correspondían con los indicadores objetivos de control del ejercicio. Aquellos deportistas más motivados subestimaban la percepción del esfuerzo en mayor medida que un grupo control de personas no entrenadas. A raíz de sus estudios la escala de percepción subjetiva del esfuerzo fue altamente considerada y utilizada, principalmente en dos direcciones. La primera como apoyo o sustituto de los indicadores objetivos de control del esfuerzo; la segunda para la valoración de diversas variables psicológicas relacionadas con el rendimiento deportivo.

Para finalizar este apartado, resaltamos uno de los comentarios de Borg que refleja la ideología que a nuestro juicio consideramos fundamental al aplicar dicha escala:

“No es una escala perfecta y se debe utilizar acompañada del sentido común y de otros datos pertinentes de tipo clínico, psicológico y fisiológico”³⁷⁵.

2. LA ESCALA DE BORG.

Esta herramienta consiste en una tabla con números entre el 6 y el 20 dispuestos verticalmente en orden creciente. A cada número se le asigna un valor cualitativo entre “muy, muy fuerte” y “muy, muy ligero”³⁷², que corresponde a la sensación que tiene el participante del esfuerzo percibido (Tabla 2.5.1). Éste está condicionado por diversos factores:

- Nivel deportivo.
- Estado físico y de salud.
- La motivación.
- Otros factores fisiológicos y psicológicos.

Tabla 2.5.1 Escala de Borg.

Original	
6	
7	Muy Muy ligero
8	
9	Muy ligero
10	
11	Bastante ligero
12	
13	Algo fuerte
14	
15	fuerte
16	
17	Muy fuerte
18	
19	Muy muy fuerte
20	Esfuerzo máximo

La escala de Borg puede ser utilizada para valorar la sesión de entrenamiento en su totalidad o actividades más específicas (ejercicios). Abogamos por la posibilidad de hacerlo extensible a periodos de entrenamiento a corto, medio y largo plazo (periodización).

La percepción se realiza sobre el organismo en general o sobre alguna parte del cuerpo más concreta implícita en la tarea motriz. Se suele aprovechar para integrarlo en la evaluación de parámetros objetivos como la fuerza y sus diferentes manifestaciones, FC, lactato, VO_{2max} , etc. La adquisición de los datos debe ser totalmente individualizada y sin emitir ningún tipo de juicio, con el propósito de no adulterar la evaluación final.

En un análisis inicial de la escala y su relación con la FC, se observó que añadiéndole un cero al valor del esfuerzo percibido se obtenía una estimación aproximada de la tasa cardiaca. Sin embargo, esta afirmación no ha sido corroborada con evidencias científicas a pesar de que algún estudio determina una relación lineal entre ambas variables, revelando que la RPE es un instrumento muy interesante para la evaluación y control del entrenamiento³⁷⁶. Pollock (1988)³⁷⁷ hace una reflexión muy interesante respecto a la relación entre la FC y la RPE. Ensalza la importancia de utilizar la RPE de forma “concreta e individualizada”, interpretando las posibilidades que ofrece a cada deportista. A modo de ejemplo, imaginemos que tenemos dos deportistas que en la RPE de un ejercicio han obtenido una valoración de 17. Según lo establecido anteriormente,

la equivalencia con la FC sería 170 lpm para ambos sujetos. Sin embargo, la percepción de uno de los deportistas podría coincidir con una FC entre 160/170 lpm, y la del otro compañero entre 170/180 lpm. Por tanto, no existe una gran fiabilidad en la relación establecida, no siendo recomendable establecer esta medida como cuantificador de la intensidad de carga aplicada a los colectivos o de forma generalizada.

Una variante de la Escala de Borg es aquella que establece valoraciones del 1 al 10³⁷³. Este sistema parece ser más práctico e intuitivo para los deportistas, ya que resulta más fácil convertir la puntuación de esfuerzo percibido a un porcentaje de intensidad relativa. Por ejemplo, a una valoración de 7 en la RPE le correspondería una intensidad relativa del 70%.

Buceta (1988)³⁷⁸ establece una relación entre la RPE (6-20), la frecuencia cardiaca, el porcentaje de intensidad relativo y la RPE (1-10) (Tabla 2.5.2).

En definitiva, independientemente del método de RPE aplicado, es una herramienta muy útil y fiable para la valoración y control del esfuerzo. Además de su nulo coste económico, destacamos principalmente su facilidad para ser utilizada durante las sesiones de entrenamiento sin entorpecerlo, reportando en todo momento al entrenador una información instantánea, que le ayudará a modular la carga de entrenamiento con mayor criterio, con el objetivo de perfeccionar el proceso de entrenamiento.

2.1 Validez y fiabilidad.

Se han efectuado diversas investigaciones determinando la validez y fiabilidad de la escala de Borg^{371,375,379,380}.

Tabla 2.5.2. Relación entre la RPE, la RPE (1-10), la FC y el porcentaje de intensidad relativo. (Adaptado de Buceta, 1998)³⁷⁸

Relación entre la escala de esfuerzo percibido de Borg original y modificada			
Original	Modificada CR10	Frecuencia cardiaca (lpm)	Intensidad relativa (%)
6	0	60-80	10
7 Muy Muy suave	1	70-90	
8	2	80-100	20
9 Muy suave		90-110	
10	3	100-120	30
11 Bastante suave		110-130	
12	4	120-140	40
13 Algo duro	5	130-150	50
14	6	140-160	60
15 Duro	7	150-170	70
16		160-180	
17 Muy duro	8	170-190	80
18	9	180-200	90
19 Muy muy duro	10	190-210	100
20		200-220	

Bloem y cols. (1991)³⁸¹ observaron alta fiabilidad (0.77) aplicando el método “test- retest”. Mingati y cols. (2010)³⁸² en su trabajo sobre la validación de la RPE, concluyeron que es un procedimiento muy adecuado para controlar la carga y periodizar el proceso de entrenamiento según la experiencia de los deportistas.

Otras investigaciones^{372,376,383} hallaron altas correlaciones (0.77-0.9) entre la

percepción del esfuerzo de los participantes y la respuesta de la FC, y entre la RPE y la percepción somática³⁸⁴ (0.75-0.83). En otro estudio de Pollock y Filmore (1991)³⁷⁴, se establecieron interesantes correlaciones múltiples (0.85) entre diversos parámetros fisiológicos (lactato, FC y niveles de oxígeno al espirar) y la RPE.

2.2 Relación entre la RPE y la fuerza muscular.

En sus orígenes Borg ideó la escala para el control del entrenamiento de carácter aeróbico. El principal argumento que se atribuyó es que la percepción subjetiva del esfuerzo ofrecía una información muy valiosa equiparable a las respuestas fisiológicas que se producían en el organismo cuando se realizaba ejercicio^{375,385}.

Con respecto a la relación existente entre la percepción del esfuerzo y las respuestas fisiológicas del organismo al entrenamiento de fuerza, no ha sido hasta estos últimos años cuando se han realizado estudios más rigurosos que indican que la RPE es una herramienta efectiva para la prescripción y el control de la intensidad de este tipo de estímulos^{386,387}.

Uno de los aspectos más importantes de la escala de percepción del esfuerzo es que permite modular el estímulo de trabajo, manteniendo el efecto conveniente sobre el organismo en cada sesión de entrenamiento, sin necesidad de efectuar un test o evaluación³⁸⁸. Por ello, quizás la RPE podría ser considerada una herramienta muy útil para complementar la prescripción de los estímulos y controlar el proceso de entrenamiento diario de los sujetos, contribuyendo

eficazmente a la evolución del rendimiento, sobre todo cuando no se dispone de recursos materiales (analizadores de lactato, plataformas de fuerzas, etc.) que faciliten el control objetivo de las cargas de entrenamiento.

Gearhart y cols. (2001)³⁸⁹ establecieron tres parámetros fundamentales en la percepción del entrenamiento de fuerza: la intensidad como % de 1RM, el trabajo total producido en una serie o grupo de series con un peso estándar, y la densidad de los estímulos. Además, Gearhart y cols. (2002)³⁹⁰ determinaron que la RPE se relacionaba con el reclutamiento de unidades motrices y la frecuencia de activación. Esta percepción se veía incrementada cuando utilizábamos pesos más elevados o efectuábamos series hasta el fallo. El funcionamiento del sistema neuromuscular ante determinadas cargas refleja la relación existente entre la fuerza y la RPE³⁹¹.

2.3 La RPE como parámetro de cuantificación de la intensidad en las sesiones de entrenamiento con resistencias.

Durante el proceso de entrenamiento con resistencias el control de ciertos factores relacionados con la carga (I, Vo, R, etc.) es decisivo para una adecuada prescripción de los estímulos de entrenamiento^{191,392,393,394}. Sin duda alguna, la intensidad es el parámetro modulador de la carga, condicionando en gran medida las posibles adaptaciones y el éxito en la consecución de los objetivos propuestos³⁹⁵.

La RPE es una herramienta que no ha sido muy utilizada para el control de la

intensidad de la carga en el RT³⁹⁶. A pesar de ello, diversas investigaciones han verificado la eficacia de este método de control del RT^{388,391,397,398,399,400}, en saltos y/o ejercicios con resistencias^{385,396}, en niños, adolescentes y adultos^{401,402}, hombres y mujeres^{290,386}.

Como se ha comentado anteriormente, esta escala presenta diversas posibilidades de expresión o variantes como la CR-10 RPE o la escala de OMNI. Ambas presentan un baremo de valoración del 1 al 10.

La escala CR-10 RPE se ha convertido en un método estandarizado para evaluar el esfuerzo percibido del ejercicio en los test, el entrenamiento y la rehabilitación, siendo validada como un marcador objetivo de la intensidad del ejercicio^{371,403}.

Relativo al RT, también ha sido aplicada para cuantificar la intensidad^{388,389}. Como dice Day y cols. (2004)³⁸⁸, la repetición de cada sesión de entrenamiento apoyado en la CR-10 RPE es un método fiable para cuantificar la intensidad del RT.

Otro aspecto importante a analizar está relacionado con la interpretación de los esfuerzos en función de diferentes intensidades, es decir, si existen diferencias en la RPE entre intensidades de carga ligeras, moderadas y altas. Day y cols. (2004)³⁸⁸ llegaron a la conclusión de que la percepción del esfuerzo realizando 15 repeticiones con resistencias ligeras, presenta una menor dificultad de percepción que efectuando entre 5-10 repeticiones con resistencias de alta

intensidad. Además, ejecutando un menor número de repeticiones a la máxima intensidad absoluta se produce una percepción más compleja, que cuando se efectúan un número de repeticiones medias y elevadas con intensidades de carga moderadas y ligeras respectivamente. En otro estudio de similares características³⁹⁰ se analizó la RPE en la activación muscular, aplicando estímulos de alta (90% 1RM) y baja intensidad de carga (30% de 1RM). Las conclusiones del estudio determinaron que la percepción del esfuerzo fue más complicada cuando se utilizaron los estímulos más pesados, a pesar de requerir una cantidad de trabajo relativo similar.

Suminski y cols. (1997)⁴⁰⁴ también investigaron la percepción del esfuerzo al término de cada serie. Se realizaron 7 ejercicios al 50% y al 70% de 1RM hasta la fatiga. El hallazgo más significativo fue que al aumento de la intensidad del ejercicio le correspondió un incremento de la percepción del esfuerzo, lo que ratifica el uso de esta escala para la monitorización de la intensidad de carga.

Otras investigaciones analizaron la relación existente entre la RPE y las concentraciones de lactato, durante el RT en los ejercicios monoarticulares y poliarticulares^{391,405}. Uno de los estudios⁴⁰⁵ demostró incrementos progresivos en la RPE realizando 3 series de 10 repeticiones en diversos ejercicios, con concomitantes incrementos de lactato. Otro estudio⁴⁰⁴ encontró correlaciones significativas entre las concentraciones de lactato y la RPE, a unas intensidades de carga del 50% y 70% de 1RM.

La escala de OMNI es otro instrumento para la percepción subjetiva del esfuerzo aplicada al ámbito del entrenamiento de la fuerza. También ha sido demostrada su validez³⁸⁶ y su utilidad en el control de la intensidad del entrenamiento con resistencias⁴⁰⁶.

2.4 La RPE como parámetro de cuantificación de la intensidad en un programa de entrenamiento con resistencias periodizado.

Otro de los aspectos que hemos analizado se relaciona con la cuantificación y la modulación de la intensidad usando la RPE en un proceso de entrenamiento periodizado^{397,398,407}.

No hay muchos estudios que incidan en la RPE como herramienta para modular la carga en un programa de entrenamiento periodizado a largo plazo. Un estudio de Foster y cols. (1996)⁴⁰⁷ reveló una mejora del rendimiento en ciclistas especialistas en contrarreloj.

Foster y cols. (2001)³⁹⁸ analizaron la incidencia del síndrome de sobreentrenamiento en atletas, observando que los atletas no eran partícipes en las sesiones diseñadas y prescritas por los entrenadores. Una de las conclusiones más llamativas comparando la percepción entre atletas y entrenadores, determinó que los atletas entrenaban demasiado duro cuando el entrenador diseñaba sesiones menos exigentes, y entrenaban más ligero cuando el entrenador planteaba entrenamientos más duros.

El control y la prescripción de la intensidad de los estímulos a largo plazo requiere de una minuciosa observación, interpretación y conocimiento para la consecución de los objetivos previstos, y más aún si se utilizan marcadores de percepción del esfuerzo subjetivos. Si no se efectúa un adecuado planteamiento y seguimiento de los estímulos durante el proceso de entrenamiento, se podrían producir incrementos repentinos y desmesurados de la carga por encima de los límites normales (umbral de esfuerzo del sujeto), afectando negativamente al rendimiento y comprometiendo la salud del individuo con posibles lesiones o enfermedades³⁹⁷.

Quizás por todos estos aspectos, la contribución de los marcadores objetivos (kg, W, RM, lactato, etc.) sustentados o apoyados en los indicadores subjetivos (RPE), podría ser una combinación idónea para el control y evolución del entrenamiento periodizado.

2.5 La RPE y la adherencia al ejercicio.

Otro de los aspectos que hemos tenido en consideración a la hora de seleccionar la RPE como medio de cuantificación y control del entrenamiento, es el posible efecto adherente que produce en la práctica de actividades físicas y deportivas.

La práctica de ejercicio regular contribuye a instaurar estilos de vida más saludables y a reducir o eliminar factores de riesgo asociados a una escasa actividad y sedentarismo⁴⁰⁸. Cobra relevancia la puesta en práctica de programas enfocados a la adquisición de hábitos relacionados con la práctica de actividad

física como instrumento que mejora la salud y la calidad de vida⁴⁰⁹. El efecto de provocar “adherencia” a la actividad física y deportiva supone un compromiso con los comportamientos saludables. Los factores que predicen la participación continua y el mantenimiento de la misma en los programas de ejercicio son ambiguos⁴¹⁰. Posiblemente, los substanciales beneficios que reporta la práctica de actividades físico-deportivas a corto y medio plazo, son más importantes a nivel psicológico que físico. Sobre todo, si se tiene en consideración que este es un factor esencial a la hora de conseguir una mayor adherencia a los programas prescritos de ejercicio físico⁴¹¹. Quizás, este aspecto conduciría a mejorar el rendimiento físico de las personas mejorando la condición física y la calidad de vida.

Las principales causas de abandono de los programas de actividades físicas y deportivas están estrechamente relacionadas con la motivación, la satisfacción por la tarea o la administración del tiempo⁴. Entre estas causas la motivación, sintetizada en los motivos para la práctica de la actividad física, supone un componente fundamental en la adherencia de las personas a la práctica de actividades físicas y deportivas⁴¹³, al igual que el disfrute con la tarea, la competencia percibida y el autoconcepto físico⁴¹⁴.

Por ello, si la pretensión es conseguir la adherencia a la práctica de actividades físicas y deportivas, el enfoque en el diseño de los programas de entrenamiento debería ir encauzado principalmente en dos direcciones:

- a. Tareas motivantes que seduzcan, despierten sensaciones placenteras y fomenten el “disfrute” asociado a la práctica de actividades físicas y deportivas. Además, seleccionadas acorde a las características físicas y psíquicas, así como a las necesidades de los participantes relacionadas con el rendimiento y/o con el desarrollo de una condición física saludable.

- b. Efectividad de los programas de entrenamiento relacionados con el tiempo. Muchas personas abandonan la práctica de actividad física y deportiva por falta de compromiso asociado a la disponibilidad de tiempo, o simplemente porque no consiguen los objetivos previstos en un tiempo determinado.

Sellar el compromiso de las personas con la práctica de actividades físicas y deportivas es un aspecto clave para condicionar los hábitos de vida saludables y mejorar el rendimiento físico-deportivo. El disfrute afiliado a las experiencias deportivas representa uno de los principales motivos de la práctica de actividades físico-deportivas por la población⁴¹⁴, provocando el mantenimiento o el abandono de las mismas.

La motivación es el principal argumento para conseguir la adherencia a la práctica físico-deportiva, interpretándose como un concepto abstracto, no observable directamente, multidimensional y aclaratorio de la actitud y de las conductas de las personas. El estudio de la motivación es un proceso complejo, que permite descifrar las causas por las que las personas seleccionan unas actividades u otras y por qué son mantenidas o abandonadas^{415,416,417}.

Otro factor muy interesante está estrechamente vinculado al concepto de “autopercepción” que se produce durante la práctica físico-deportiva, en tanto que son pensamientos que se refieren a la propia autoeficacia del individuo⁴¹⁸, y que son adecuados indicadores del bienestar psicológico. De Coverley Veale (1987)⁴¹⁹ propone que el aumento de la autoeficacia en los participantes en los programas de actividad física y deportiva, puede facilitar incrementos en el bienestar subjetivo. A su vez, la autoeficacia es probablemente dependiente de los cambios experimentados durante la práctica repetida de algún tipo de actividad física, en la medida en la que los participantes son capaces de valorar sus logros de ejecución⁴²⁰. Diferentes estudios sugieren que la mayor eficacia percibida se relaciona con un bienestar psicológico positivo y con una menor distensión psicológica valorada después de la realización del ejercicio⁴²¹, afectando a la sensación de fatiga y relacionándolos positivamente con la adherencia a los programas de ejercicio⁴²². Por tanto, en el diseño de los programas de actividad física-deportiva parece muy interesante la valoración subjetiva por parte de los participantes, enfocada a la autoeficacia, bienestar psicológico y autoestima⁴²³.

Probablemente, el hecho de hacer partícipes a los sujetos del proceso de entrenamiento y de la valoración anímica que tienen del esfuerzo durante y después de la práctica físico-deportiva, haga suponer que la percepción subjetiva es un indicador de la adecuación de la actividad física prescrita, del bienestar físico y psicológico conseguido y, de este modo, de la posible adherencia no sólo

al ejercicio continuado, sino también a un estilo de vida físicamente más activo⁴²⁴.

Resumiendo, podríamos decir que la percepción del esfuerzo parece ser un parámetro muy válido para la prescripción y control de la intensidad de los estímulos, resultando muy interesante para mantener la adherencia a la práctica físico-deportiva, siempre y cuando se vayan consiguiendo los objetivos previstos, relacionándolos con la capacidad y predisposición de cada persona para realizar la actividad física que necesita³⁹⁶. La percepción del esfuerzo condiciona la elección de las prácticas físico-deportivas en las personas, ya que el realizar unas u otras determinará el grado de consecución de los objetivos propuestos.

B
L
O
Q
U
E

EL PLANTEAMIENTO DEL
PROBLEMA

I
V

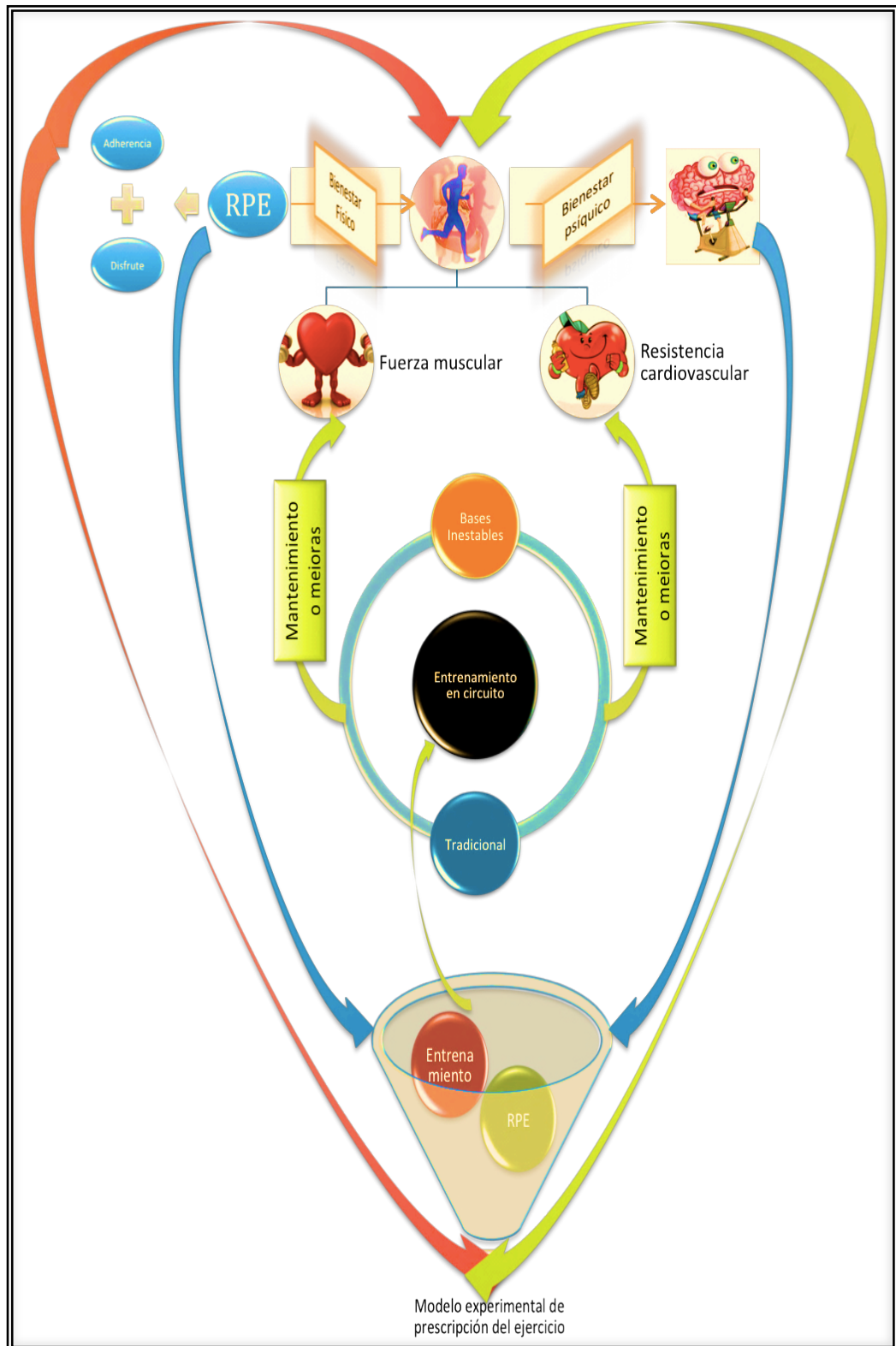


Figura 2.6.1. Mapa conceptual sobre la interpretación del problema

CAPÍTULO VI. INTERPRETACIÓN DEL PROBLEMA Y APORTACIONES

1. CONTEXTO.

Una de las actividades físico-deportivas más practicadas en el ámbito del fitness es el entrenamiento de la fuerza. Es un hecho evidente que la capacidad para producir y aumentar la fuerza ha seducido a la humanidad a lo largo de la historia. La comunidad científica ha evidenciado la importancia de la fuerza muscular en la salud y en el rendimiento deportivo³⁹³, donde el acondicionamiento muscular desempeña un papel primordial en las actividades vinculadas al fitness⁴²⁵. El ACSM (2009)³⁹³ resalta la importancia del acondicionamiento muscular en el desarrollo de la fuerza, como medio para conservar las habilidades funcionales, aportar calidad de vida y desarrollar la condición física.

Sin duda alguna, los estímulos de fuerza en concreto con resistencias, son de lo más habitual en las rutinas de ejercicios de los practicantes del fitness.

2. IMPORTANCIA DE LA FUERZA EN EL ÁMBITO DEL FITNESS.

Las numerosas investigaciones que se han efectuado a tal efecto confirman la efectividad del entrenamiento de fuerza con resistencias, para optimizar la condición física, salud y la calidad de vida:

- Aumento de la fuerza, potencia y resistencia muscular^{70,393,426}.

- Capacidad de salto⁴²⁷.
- Mejoras en la función cardiovascular¹⁰⁸.
- Inducen a la pérdida y mantenimiento del peso corporal⁴²⁸.
- Previenen la osteoporosis⁴²⁹.
- Disminuyen los factores de riesgo asociados a patologías coronarias^{430,431}.
- Pueden reducir el riesgo de cáncer de colon⁴³².
- Mejoran la estabilidad dinámica y conservan la capacidad funcional⁴²⁸.
- Reducen los factores de riesgo a los diabéticos no dependientes⁴³³.
- Fomentan el bienestar psicológico⁴³⁴.

Con respecto al entrenamiento con superficies inestables varias investigaciones han confirmado cómo esta metodología de entrenamiento sin añadir carga, es eficaz para la mejora de equilibrio dinámico⁴³⁵, la fuerza muscular y el tratamiento de los desequilibrios musculares⁴³⁶, y el desarrollo de la fuerza en personas mayores⁴³⁷.

Sin embargo, hasta la fecha no hay muchas evidencias científicas que aclaren los efectos que producen los programas de entrenamiento con inestabilidad a corto, medio y largo plazo²²⁵.

3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Uno de los habituales problemas en el ámbito del fitness es el abandono

prematureo de los programas de entrenamiento por parte de los participantes. Las principales causas están relacionadas con la “no consecución” de los objetivos propuestos, la falta de motivación, la ausencia de disfrute que conlleva el diseño de programas de entrenamiento monótonos, poco divertidos e imaginativos, y la administración del tiempo por parte de los participantes⁴.

Sin duda alguna, la motivación es un aspecto fundamental para que las personas mantengan la práctica de ejercicio físico en el tiempo (adherencia) y lograr los beneficios deseados. Por ello, es necesario fomentar el “disfrute” con la misma encontrando un estado positivo de afecto que refleje sentimientos como el placer, el gusto y la diversión⁷, relacionándose también con un óptimo estado psicológico que conlleve a realizar una actividad principalmente por sí misma⁴³⁸.

Ryan y cols. (1997)⁴¹³ también consideran que las personas pueden practicar ejercicio físico por motivos más autodeterminados como pueden ser el disfrute con la actividad, el sentimiento de competencia o la mejora de la salud. Otros estudios muestran cómo los principales motivos para realizar ejercicio físico son la salud, la diversión y las relaciones sociales entre iguales⁴¹⁴, relacionando estos motivos con la adherencia al ejercicio⁸, las variables sociodemográficas, la edad⁴³⁹ y el género⁴⁴⁰.

Efectuando un análisis pretérito de las diversas investigaciones, se podría aseverar que la práctica de ejercicio sostenida en el tiempo se mantiene, siempre y cuando las actividades programadas reporten un beneficio físico, psíquico o

social en los participantes. Al respecto, las características de las actividades, el entorno y la atmósfera que se crea en el ámbito del “fitness” son un marco excepcional para satisfacer las necesidades de desarrollo y mantenimiento de la condición física y salud, sanear el estado emocional y mejorar las relaciones sociales entre iguales.

Estos ingredientes, llamémosles “extrínsecos” al programa de entrenamiento, son elementales y contribuyen eficazmente a producir adherencia al ejercicio físico. Sin embargo, no son argumentos suficientes como para afianzar la práctica físico-deportiva, como parte integrante de los hábitos de la vida diaria de muchos practicantes. Quizás, la consecución de los objetivos previstos por los participantes en el plan de entrenamiento, sea la otra mitad de la naranja que promulgue la deseada adherencia al ejercicio físico.

Sobre este aspecto, los componentes esenciales del plan de entrenamiento (ejercicios, cantidad y calidad de los estímulos, etc.) no sólo deben de jugar un papel determinante en el desarrollo y mantenimiento de la condición física y salud, sino que deben seducir emocionalmente a los participantes.

La simbiosis entre ambos factores, físicos y psíquicos, probablemente mejore el proceso de entrenamiento a largo plazo, fomentando la adherencia al ejercicio y, consecuentemente, mejorando el rendimiento y/o la condición física y salud de los participantes.

3.1 La necesidad de controlar y prescribir los estímulos en el entrenamiento con resistencias y superficies inestables.

Uno de los aspectos que condiciona la eficacia de los diversos sistemas de entrenamiento con resistencias, está estrechamente vinculado a la modulación, la cuantificación de las cargas (Vo e I) y la cantidad de fatiga (R) que se genera en cada sesión³⁹².

Como hemos visto, el control de estos parámetros es determinante para orientar el proceso de entrenamiento hacia el tipo de adaptaciones y objetivos que nos interesen: adaptaciones metabólicas^{295,298,299}, hormonales²⁹⁷, neurales^{273,395,441}, hipertróficas²⁹⁶ y cardiovasculares¹⁰⁸.

El éxito de los programas de entrenamiento depende principalmente del uso racional de estos componentes y de la progresión de los estímulos establecida en un periodo de tiempo determinado (periodización).

Los programas de entrenamiento con resistencias periodizados sistemáticamente han mostrado su eficacia cuando se comparan con los programas no periodizados, sobre todo a la hora de prevenir lesiones y mejorar los niveles de fuerza y de potencia¹⁹⁹, así como para conseguir sustanciales mejoras en aspectos relacionados con la salud y el entrenamiento deportivo^{198,199,302}.

Sin embargo, muchas de las actividades que se realizan en el ámbito del fitness carecen de un seguimiento y control de los estímulos de entrenamiento. En

muchos casos las actividades son nuevas y no hay estudios concluyentes que analicen los efectos que producen las cargas de entrenamiento aplicadas en aparatos inestables como pueden ser el Bosu® y TRX®.

Los programas de entrenamiento de fuerza bajo condiciones de estabilidad han demostrado ser una excelente metodología para aumentar la fuerza, la potencia, la resistencia muscular^{393,426}, la resistencia cardiovascular^{108,452}, la capacidad de salto^{73,427}, etc. Además, el entrenamiento de fuerza realizado en circuito es utilizado en muchos deportes para aumentar el rendimiento³⁶⁶. Pero hay muy pocos estudios relativos a los programas de entrenamiento en condiciones de inestabilidad. La mayoría de las investigaciones hacen hincapié en los mecanismos fisiológicos originados, y muy pocas documentan los posibles efectos en variables como la fuerza, potencia, velocidad, cardiorrespiratorias, etc. Son necesarias más investigaciones sobre las posibles adaptaciones que se producirían a corto, medio y largo plazo en los programas de entrenamiento con inestabilidades²²⁵.

Los objetivos de la primera investigación se centraron en analizar los niveles de producción de la fuerza y de activación muscular, en un ejercicio determinado tanto en condiciones estables como inestables. La conclusión más relevante fue que en condiciones de inestabilidad, se produjo una disminución en la producción de fuerza isométrica en las extremidades superiores e inferiores, manteniéndose la actividad muscular^{142,153}. Conjuntamente, la actividad

muscular sinergista y antagonista se incrementó en un 29.1% y 30.3%, respectivamente.

Los niveles de actividad muscular más elevados que producen los ejercicios realizados en condiciones de inestabilidad, probablemente contribuyen a un aumento de la estabilización articular, pero no son tan eficaces para el desarrollo de la fuerza muscular¹⁵³. Aplicar cargas en condiciones de inestabilidad podría no ser suficiente estímulo para producir las adaptaciones deseadas y efectos positivos en el desarrollo de la fuerza¹⁷², potencia, velocidad y rango de movimiento^{171,173}.

Quizás el principal hándicap esté relacionado con la velocidad de ejecución de los ejercicios. Behm y Sale (1993)²⁶² comentan que cuando efectuamos ejercicios en condiciones de inestabilidad, se origina un proceso de aprendizaje de nuevos patrones motores, lo que conlleva una velocidad de ejecución menor. El desarrollo de la velocidad de movimiento es un condicionante importante para elevar los niveles de fuerza y de potencia^{78,393}.

Otro inconveniente que podría atribuirse al entrenamiento inestable está relacionado con la elección de la carga. Para determinar los efectos reales de un programa de entrenamiento de fuerza, ya sea en condiciones de estabilidad e inestabilidad, es esencial seleccionar adecuadamente la carga de trabajo. La tensión generada por la sobrecarga en el músculo es primaria para lograr las adaptaciones al entrenamiento. Las adaptaciones en el entrenamiento de fuerza

con resistencias podrían manifestarse a partir de sobrecargas del 40% de 1RM³²². Sin embargo, las resistencias que se aplican con las superficies inestables son habitualmente autocargas (peso corporal). La intensidad del ejercicio dependerá del grado de inestabilidad causado por los aparatos y las posiciones del cuerpo. Actualmente, no se han utilizado métodos o medidas que cuantifiquen objetivamente el grado de inestabilidad para determinar la intensidad real desarrollada. Por tanto, ¿podría ser la escala de esfuerzo percibido (RPE)³⁷² una herramienta de apoyo para el control del entrenamiento en condiciones de inestabilidad?

Con respecto a las variables cardiorrespiratorias, la literatura científica no ha descrito las posibles adaptaciones que conlleva el desarrollo de un programa de entrenamiento con inestabilidades. Aunque en este caso en concreto, las posibles adaptaciones dependerán probablemente, más de la metodología de entrenamiento (circuito) planteada que de los aparatos en sí.

3.2 La contribución de la RPE en la prescripción del entrenamiento con resistencias y superficies inestables.

Es cierto que en la prescripción del ejercicio con resistencias y superficies inestables resulta más complejo usar medidas objetivas que cuantifiquen la cantidad y la calidad de los estímulos, determinando el estrés al que sometemos al organismo. Parámetros que son útiles para el control de la intensidad en el entrenamiento de resistencia, no lo son tanto para el citado entrenamiento con

resistencias. Por ejemplo, la frecuencia cardiaca es un fantástico indicador del estrés cardiovascular al que se somete al organismo durante la aplicación de estímulos de resistencia. Sin embargo, si se emplea en el entrenamiento con resistencias tiende a cambios constantes y desproporcionados, por lo que no es un parámetro fiable para prescribir la intensidad del estímulo. Al igual que ocurre con la frecuencia cardiaca, el consumo de oxígeno no es un buen indicador porque en el RT a intensidades elevadas, debido al estrés tan grande al que sometemos al sistema neuromuscular, no se puede prolongar el ejercicio en el tiempo, por lo que la cantidad total de trabajo realizado es menor y los periodos de recuperación amplios⁴⁰⁶.

Sería recomendable utilizar nuevos procedimientos que complementen y contribuyan a mejorar el control y la calidad de los estímulos, habitualmente utilizados en el entrenamiento con resistencias (RM, potencia, peso o carga).

Como hemos analizado, uno de estos métodos podría ser la escala de esfuerzo percibido (RPE), que relaciona la sensación de esfuerzo que percibe el deportista durante el entrenamiento dándole un valor numérico. Las sensaciones que experimentan las personas sobre los efectos que propician las cargas de entrenamiento “en sus propias carnes”, debe ser una información muy valiosa para los preparadores. En sus manos está el saber interpretarla y utilizarla en pos de mejorar la prescripción de los estímulos de entrenamiento.

Esta escala ha sido utilizada para medir la intensidad de esfuerzo que producen

diferentes ejercicios o sesiones de entrenamiento. En sus orígenes fue aplicada para controlar la intensidad del entrenamiento aeróbico durante las sesiones de ciclismo y en carrera⁴⁴². Sin embargo, la evolución y las nuevas tendencias en el entrenamiento la han derivado hacia el control de los estímulos de otras cualidades físicas, como por ejemplo la fuerza, convirtiéndola en un foco de estudio muy interesante tanto para entrenadores como psicólogos.

3.3 La aportación emocional de la RPE en la prescripción del ejercicio.

Wolinsky (1995)⁴²³ considera que la RPE debe ser un elemento esencial a tener en cuenta en el diseño de los programas de actividades físico-deportivas, ya que contribuye eficientemente en la percepción de la autoeficacia, bienestar psicológico y autoestima. La mayor eficacia percibida (RPE) fomenta sensaciones psicológicas positivas después de la realización del ejercicio⁴²¹, incrementando la adherencia⁴²².

Por todo ello, la RPE podría ser un componente integral más de la carga de entrenamiento, a considerar vigorosamente en el diseño de los programas.

4. LA PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO ADAPTADA AL ÁMBITO DEL FITNESS.

En resumen y ciñéndonos a las sabias palabras de Thomas y Nelson (2007)⁴⁴³, el objetivo en la investigación es determinar las diferencias entre cómo son las cosas y cómo deberían ser. Por ello, consideramos que el fitness representa una serie de actividades cuyo objetivo primordial es el bienestar físico y mental mediante la práctica de actividades físico-deportivas. Una de estas posibles

actividades es el “popular” entrenamiento de la fuerza debido a sus múltiples y contrastados beneficios. Diversas investigaciones demuestran su eficacia en el mantenimiento y desarrollo del sistema óseo, muscular y cardiorrespiratorio, como indicadores de una condición física y salud adecuada.

La consecución de estos objetivos dependerá del control del proceso de entrenamiento (Vo, I, D y R) dentro de un sistema organizado y estructurado de una forma lógica y racional, en un periodo de tiempo determinado (Periodización), siendo la RPE el elemento diferenciador que propague el bienestar psíquico de las personas, ayudando a controlar los estímulos durante el proceso de entrenamiento. A tal efecto, consideramos tres aspectos esenciales para la prescripción de los estímulos en los programas de entrenamiento:

1. Los principios básicos del entrenamiento deportivo como componentes determinantes en la prescripción de las cargas de entrenamiento.
2. La opinión del participante y la percepción del esfuerzo (RPE) como elemento clarificador de la información que debe tener el preparador para adecuar los estímulos de entrenamiento.
3. El disfrute y/o posible adherencia, mediante una práctica físico-deportiva motivadora que afiance la personalidad de los participantes.

SECCIÓN III

PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO VII. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1. OBJETIVOS

Cómo antesala al desarrollo del diseño del programa de entrenamiento, analizamos las directrices que lo determinan. Hacemos alusión a las pretensiones u objetivos que proyectamos alcanzar y a la hipótesis que queremos demostrar.

1.1 Generales.

- i. Aplicar un modelo experimental de prescripción del ejercicio para el desarrollo de la condición física y salud, combinando la RPE y diversos componentes esenciales del proceso de entrenamiento deportivo.

- ii. Evaluar los efectos adaptativos del modelo experimental de prescripción del ejercicio aplicado a dos programas de fuerza diferentes en circuito de entrenamiento con resistencias: “tradicional” e “inestabilidad”.

1.2 Específicos.

- i. Examinar los efectos de ambos programas de entrenamiento, tradicional e Inestables, en el desarrollo de la fuerza muscular.
 - a. Evaluar los niveles de fuerza máxima dinámica (1RM) en las

extremidades superiores e inferiores.

b. Analizar los niveles de potencia desarrollados en las extremidades superiores e inferiores.

c. Valorar la capacidad de salto en las extremidades inferiores.

ii. Investigar los efectos de ambos programas de entrenamiento en el desarrollo de la condición física y salud cardiorrespiratoria.

a. Analizar el comportamiento del VO_{2max} y VE.

b. Examinar las adaptaciones de la FC en ambos procesos de entrenamiento.

c. Observar la evolución de los umbrales ventilatorios (VT_1 y VT_2) al finalizar ambos programas de entrenamiento.

- iii. Considerar la importancia que tiene la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en la prescripción del ejercicio en ambos programas de entrenamiento.

2. HIPÓTESIS

La aplicación de un modelo experimental de prescripción del ejercicio combinando la RPE y los elementos esenciales que imperan en el proceso de entrenamiento, aplicado a dos métodos diferentes de entrenamiento con resistencias en circuito (tradicional e inestabilidades), permite optimizar el estado de condición física y saludable, mediante el desarrollo de la fuerza y de la función cardiorrespiratoria.

2.1 El entrenamiento en circuito aplicado a dos programas de entrenamiento con resistencias (tradicional y superficies inestables), es un método ideal para desarrollar los niveles de fuerza y potencia muscular de las extremidades inferiores y superiores.

2.2 El entrenamiento en circuito aplicado a dos programas de entrenamiento con resistencias (tradicional y superficies inestables), es una metodología de entrenamiento idónea para mantener y desarrollar el nivel de condición cardiorrespiratoria.

CAPÍTULO VIII. ORGANIZACIÓN Y PERIODIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el proceso de organización y periodización del estudio hemos seguido las Recomendaciones Oficiales de la Asociación de Fisiólogos del ejercicio de EEUU (ASEP, American Society of Exercise Physiology)⁴⁴⁴ publicadas por Brown y Weir (2001)²⁸². Las directrices a seguir fueron las siguientes:

- Selección de las instalaciones y comprobación del material y personal necesario y adecuado para el estudio.
- Se establecieron unos requisitos indispensables de seguridad.

El desarrollo del estudio lo dividimos cronológicamente en tres etapas:

- i. Fase inicial de evaluación o Pretest.
 - a. Una etapa de estructuración y organización de las pruebas de evaluación.
 - b. Periodización de la fase inicial de evaluación.
- ii. Desarrollo del programa de entrenamiento o intervención.
- iii. Fase final de evaluación o Postest.
 - a. Una etapa de estructuración y organización de las pruebas de evaluación.
 - b. Periodización de la fase final de evaluación.

A continuación resumimos la organización y planificación llevada a cabo en el

diseño de la investigación (Esquema 3.8.1).

1. FASE INICIAL DE EVALUACIÓN.

Todas las evaluaciones iniciales se formalizaron durante la primera semana.

1.1 Estructuración y organización de los test.

Los participantes recibieron preliminarmente unas hojas con información básica de las pautas a seguir en el estudio. Se detallaban aspectos metodológicos de obligado cumplimiento como el descanso previo a la realización de los test, o consideraciones elementales sobre alimentación, etc.

La estructura y organización del proceso evaluativo (test) fue establecida como se detalla a continuación:

i. Reunión con los participantes.

Se recibe a los participantes y se les explican los objetivos, la estructura y los aspectos metodológicos más importantes del proceso de evaluación.

Seguidamente se les entrega un dossier con los siguientes documentos:

- La ficha de registro de los datos personales incluido el historial clínico y un cuestionario con el propósito de conocer el nivel de actividad física habitual, determinar el grado de experiencia en el entrenamiento con pesos libres y en este tipo de evaluaciones (Anexo 1).
- Documento del consentimiento informado (Anexo 2).

Una vez recogidos y archivados los documentos relativos a los datos personales,

cuestionario y hoja de consentimiento firmada, se procedió a la evaluación médica.

- ii. Evaluación médica.
 - a. Pesaje y medición.
 - b. Control de la presión arterial, temperatura corporal, etc.
 - c. Electrocardiografía en reposo.

1.2 Periodización de la fase inicial de evaluación.

- i. Primer día.
 - a. Calentamiento dirigido y estandarizado.
 - b. Prueba Incremental en tapiz rodante.
- ii. Segundo día.
 - a. Calentamiento general y específico de salto.
 - b. Test de capacidad de salto (SJ y CMJ).
 - c. Calentamiento específico de sentadilla completa (SC).
 - d. Test de fuerza SC.
 - e. Calentamiento específico de press de banca (PB).
 - f. Test de fuerza PB.

2. DESARROLLO DEL PROCESO DE ENTRENAMIENTO O INTERVENCIÓN.

2.1 Fase de familiarización.

Sólo unos pocos participantes tenían una mínima experiencia en el entrenamiento con pesas y máquinas de musculación, y ninguno de ellos con aparatos de inestabilidad. Argumento suficiente para iniciar un breve período de

familiarización de 1 semana, con 3 sesiones separadas entre sí por un día de descanso.

2.2 Fase de entrenamiento.

El programa de entrenamiento comenzó una semana después de finalizada la fase de familiarización. La duración del mismo fue de 7 semanas y los participantes realizaban 3 sesiones semanales. En total, 21 sesiones.

3. FASE FINAL DE EVALUACIÓN O POSTEST.

Todas las evaluaciones finales se formalizaron durante la última semana y comenzaron a los tres días de finalizado el proceso de entrenamiento.

2.1 Estructuración y organización de los test.

Los participantes recibieron preliminarmente unas hojas con información básica de las pautas a seguir en la fase final de evaluación. Se volvía a incidir sobre aspectos elementales establecidos en los test iniciales.

La estructura y organización del proceso evaluativo fue establecida como se detalla a continuación:

- a. Reunión con los participantes.

Se les da una charla informativa similar a la desarrollada en los pretest. Las pruebas de valoración final son exactamente iguales a las ya efectuadas inicialmente.

- b. Evaluación médica.

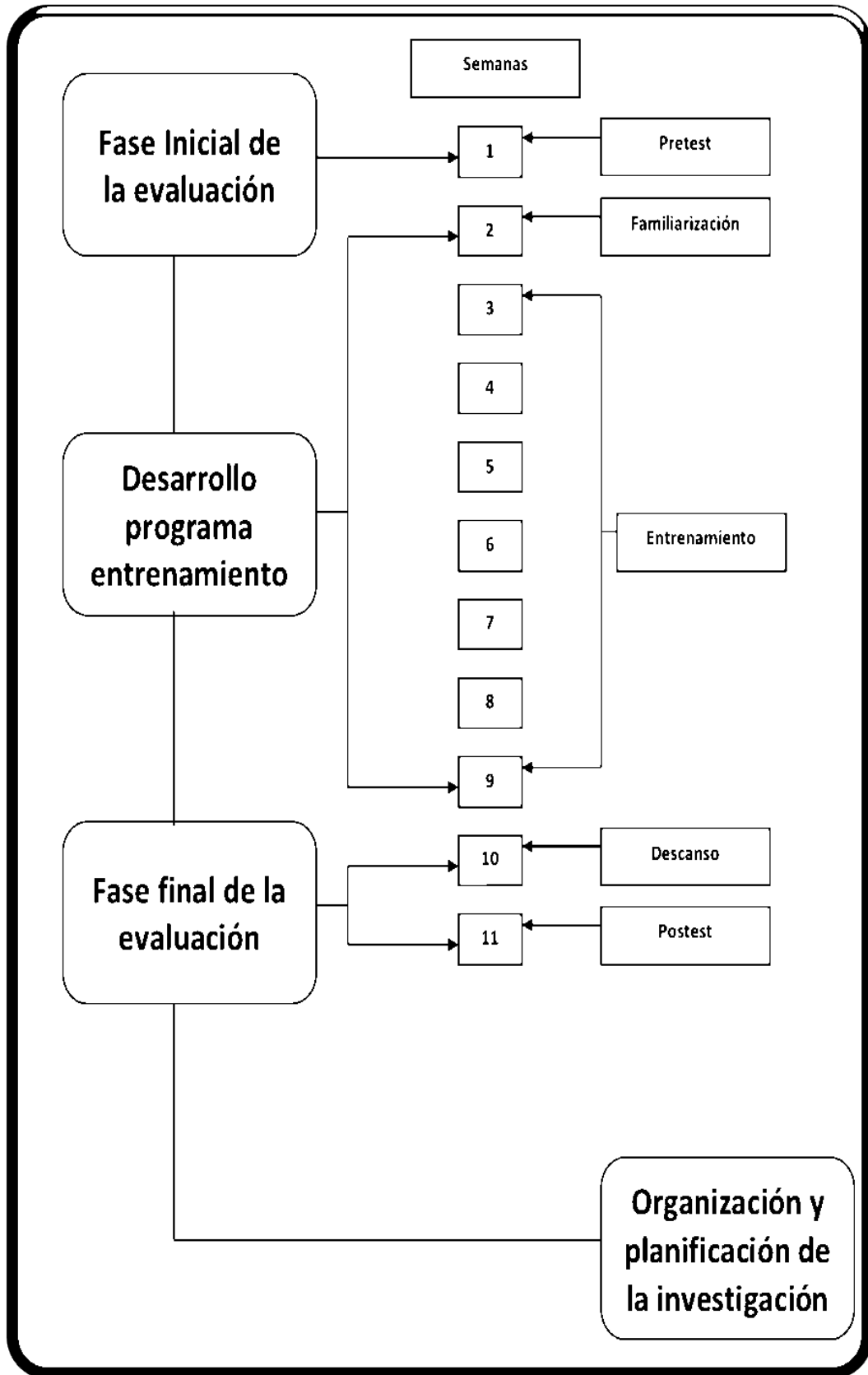
- a. Pesaje y medición.
- b. Control de la presión arterial, temperatura corporal, etc.
- c. Electrocardiografía en reposo.

2.2 Periodización de la fase final de evaluación.

Fue estrictamente igual que la desarrollada en las evaluaciones iniciales.

- i. Primer día.
 - a. Calentamiento dirigido y estandarizado.
 - b. Prueba Incremental en tapiz rodante.
- ii. Segundo día.
 - a. Calentamiento general y específico de salto.
 - b. Test de capacidad de salto (SJ y CMJ).
 - c. Calentamiento específico SC.
 - d. Test de fuerza SC.
 - e. Calentamiento específico PB.
 - f. Test de fuerza PB.

Esquema 3.8.1. Organización y planificación del diseño de la investigación



SECCIÓN IV

MATERIAL Y
MÉTODOS

CAPÍTULO IX: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO.

El presente estudio de carácter experimental pretende dar respuesta (efecto observado) a varias cuestiones relacionadas estrechamente entre sí (relaciones causales) y que son el objeto final de estudio (demostrar hipótesis).

¿La prescripción del ejercicio combinando la RPE y los principios básicos del entrenamiento deportivo (relaciones causales/manipulación) es un método adecuado (efecto observado) para optimizar los niveles de condición física y saludable (demostrar hipótesis)?

La otra cuestión que planteamos está vinculada a la elección del método de entrenamiento con resistencias en circuito para llevar a cabo el modelo experimental de prescripción del ejercicio. “¿El entrenamiento en circuito con resistencias, ya sea tradicional o en condiciones de inestabilidad (relaciones causales/manipulación), es un proceso eficaz para el desarrollo de determinadas variables de fuerza y cardiorrespiratorias (efecto observado), sinónimo de mejora de la condición física y saludable (demostrar hipótesis)?

Las respuestas a estas cuestiones, o dicho de otra manera, demostrar la hipótesis planteada en el estudio experimental exige un diseño temporal longitudinal, donde al final del proceso de entrenamiento analizaremos los efectos del modelo de prescripción del ejercicio, comparándolo con un grupo control. El grupo control efectúa las mismas evaluaciones que ambos grupos experimentales (pre

y pos test), sin realizar programa de entrenamiento alguno. El efecto perseguido incorporando un grupo control es mejorar la validez interna del estudio.

Se ha seleccionado un grupo lo suficientemente homogéneo, optando por participantes varones estudiantes en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, con una edad y nivel de actividad físico-deportiva similar.

La asignación aleatoria de los sujetos a los diferentes grupos (GT, GI y GC) es otro de los argumentos que debemos de tener en consideración para evitar el sesgo de selección, eliminando en la medida de lo posible las grandes diferencias en las variables desconocidas y contribuyendo a la homogeneización de los grupos. Además, será una asignación aleatoria paralela donde ambos grupos experimentales y el control serán observados en un tiempo determinado.

A modo de resumen, podemos determinar este estudio como “un diseño experimental aleatorio” aplicado a dos grupos experimentales y un grupo control, donde todos los participantes realizan un pretest y posttest para evaluar el estado de condición física y saludable, produciéndose la intervención del proceso de entrenamiento exclusivamente en los grupos experimentales.

A pesar de marcar unas pautas a los deportistas relacionadas con la *“no práctica de otras actividades físicas y deportivas durante el programa de entrenamiento”*, entendemos que hay otros aspectos relevantes que pueden influir en el resultado final del programa de entrenamiento. Los resultados reportados son meramente, los concernientes al programa de entrenamiento realizado por los

participantes. Sería imprudente por nuestra parte aseverar que los resultados obtenidos se deban exclusivamente al programa de entrenamiento realizado, no teniendo en consideración otros posibles factores externos relacionados con el tipo de vida, costumbres, alimentación, etc. Es perfectamente asumible que el citado programa de entrenamiento afectará cuantiosamente al resultado final.

El estudio fue previamente analizado y aprobado por el comité ético del Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Alfonso X el Sabio, siguiendo las directrices éticas de la Declaración de Helsinki para la investigación con seres humanos.

2. SUJETOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO.

En este estudio participaron 36 sujetos estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Lo hicieron de forma voluntaria, recibiendo previamente cumplida información de los objetivos, duración, las pruebas de evaluación a realizar y todo lo referente al papel que desempeñarían durante el desarrollo de la investigación. Una vez informados, todos los participantes firmaron el consentimiento de aceptación (Anexo 2) para su inclusión en el estudio.

2.1 Selección y características de la muestra.

Los participantes fueron asignados aleatoriamente a 3 grupos, concretamente dos experimentales y un grupo control. Un grupo experimental (n=12) realizó el programa de entrenamiento con bases inestables y de suspensión (GI). El otro

grupo experimental (n=12) efectuó el programa de entrenamiento tradicional con pesos libres y máquinas de musculación (GT). El tercer grupo (GC) lo conformaban los sujetos que no fueron partícipes del proceso de entrenamiento. Uno de los criterios de exclusión establecidos indicaba que no se podía faltar a más de un 10% del número total de entrenamientos, por lo que la muestra en el GT se redujo en 2 sujetos.

No se hallaron diferencias significativas en los test iniciales (PRE) entre grupos, en las variables descriptivas de edad, peso, talla. Además, hubo homogeneidad de varianzas aplicando la prueba de Levene.

En la tabla 4.9.1 se observan las características de los participantes en dicho estudio.

Tabla 4.9.1. Características de los participantes.

Grupo	Edad	Peso	Altura	Nivel de actividad
(n=36)	(años)	(Kg)	(cm)	física (días x semana)
CONTROL (n=12)	22.3 ± 2.4	75.4 ± 9.9	176.4 ± 7.1	3.1 ± 0.2
INESTABILIDAD (n=12)	21.5 ± 3.03	75.7 ± 9.2	177.7 ± 5.1	2.8 ± 0.4
TRADICIONAL (n=12)	21.8 ± 1.1	71.8 ± 6.5	178.4 ± 5.4	2.9 ± 0.7

Todos los participantes en el estudio eran sanos, activos y realizaban algún tipo de actividad físico-deportiva al menos dos o tres veces a la semana. Las principales actividades deportivas practicadas por los sujetos se relacionaban con

el adiestramiento de modalidades deportivas colectivas (fútbol, baloncesto, balonmano y voleibol) e individuales (ciclismo, atletismo y tenis) de carácter amateur. Ninguno era deportista de élite o profesional.

A continuación se constituyen los criterios de inclusión y exclusión de la muestra seleccionada.

i. Criterios de inclusión:

- Personas sanas, activas que al menos realicen algún tipo de actividad física y deportiva al menos 2 veces por semana.
- Entre 18 y 25 años.
- Con nula experiencia o mínima en el entrenamiento con resistencias.
- Participantes de forma voluntaria que firmen el consentimiento informado.

ii. Criterios de exclusión:

- Deportistas de élite o profesionales.
- Personas con algún tipo de enfermedad o lesión que le impidan la práctica de una actividad física y deportiva normalizada.
- Participantes que presenten algún tipo de alteración electrocardiográfica en el reconocimiento médico previo a la inclusión en el estudio.
- De los individuos que realizan el programa de entrenamiento será motivo para no incluir sus datos en el análisis final:
 - Faltar a más de un 10% de las sesiones establecidas en el

programa de entrenamiento.

- Abandonar el programa de entrenamiento por cualquier motivo.
- Tomar algún producto o suplemento que incremente el rendimiento físico.

2.2 Criterios para la clasificación de la muestra.

La clasificación de la muestra se realizó en función del estado de entrenamiento y nivel de experiencia de los sujetos en el entrenamiento con resistencias, siguiendo los criterios establecidos por la NSCA (2000)¹¹¹ (Tabla 4.9.2). Controlar este aspecto es fundamental en el planteamiento inicial del programa de entrenamiento, en función de las posibilidades que nos brinden los participantes.

Algunos sujetos habían tenido una mínima experiencia en el entrenamiento con pesos libres y máquinas de musculación y ninguno de ellos había practicado con bases inestables. Por tanto, podríamos catalogarlos como principiantes en el entrenamiento con resistencias.

3. VARIABLES ANALIZADAS Y PLAN DE EVALUACIÓN.

3.1 Modelo experimental de prescripción del ejercicio (Variable independiente).

El modelo de prescripción del ejercicio con resistencias es la variable independiente. A su vez esta variable presenta dos niveles o metodologías de entrenamiento:

- Nivel I. Entrenamiento tradicional en circuito.

Éste se fundamenta en una metodología de entrenamiento en circuito con pesos libres y máquinas de musculación.

- Nivel II. Entrenamiento en circuito con aparatos que producen inestabilidad.

Caracterizado por una metodología de entrenamiento con aparatos como el BOSU® y el TRX®.

Tabla 4.9.2. Clasificación de la muestra en función del estado de entrenamiento y nivel de experiencia de los sujetos en el entrenamiento con resistencias. Adaptado del NSCA.

Nivel de Actividad Física	Grado de entrenamiento con resistencias	Tiempo de entrenamiento	Frecuencia semanal	Estímulo de entrenamiento necesario
Iniciación o principiante	No entrenado o levemente entrenado	Inferior a 3 meses	≤1-2	Bajo
Intermedio	Entrenado moderadamente	3-6 meses	2-3	Medio
Avanzado	Altamente entrenado	Superior a 1 año	> 3-4	Elevado

En el diseño del modelo aplicado en ambos niveles se tuvieron en consideración los mismos criterios para la aplicación de los estímulos: uno subjetivo (RPE) y otro objetivo (principios del entrenamiento deportivo).

3.2 Capacidades condicionales evaluadas (Variables dependientes).

3.2.1 Variables asociadas al sistema cardiorrespiratorio.

Las tablas 4.9.3, 4.9.4 y 4.9.5 registran las variables dependientes analizadas en la prueba incremental en tapiz.

Tabla 4.9.3. Variables cardiorrespiratorias medidas en valores máximos.

Variable dependiente	Medida
VO_{2max}	Consumo de oxígeno máximo expresado en $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
FC_{max}	Frecuencia cardiaca máxima expresada en latidos por minuto
V_{max}	Velocidad de carga máxima alcanzada, expresada en $km.h^{-1}$
RER_{max}	Tasa de intercambio respiratorio máxima.

Tabla 4.9.4. Variables cardiorrespiratorias medidas en VT_1 .

Variable dependiente	Medida
VO_2 a VT_1	Consumo de oxígeno a primer umbral ventilatorio, expresado en $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
$VT_1 \% VO_{2max}$	Porcentaje del consumo de oxígeno con respecto al máximo en VT_1 .
FC a VT_1	Frecuencia cardiaca en el primer umbral ventilatorio, expresada en latidos por minuto
$VE \cdot VO_2^{-1}$ a VT_1	Equivalente ventilatorio de oxígeno en el primer umbral ventilatorio.
V a VT_1	Velocidad de carga a primer umbral ventilatorio, expresado en $km.h^{-1}$
VE a VT_1	Ventilación pulmonar en VT_1 , expresado en $litros.minuto^{-1}$
RER a VT_1	Tasa de intercambio respiratorio en VT_1 .

Tabla 4.9.5. Variables cardiorrespiratorias medidas en VT_2 .

Variable dependiente	Medida
VO_2 a VT_2	Consumo de oxígeno en el segundo umbral ventilatorio, expresado en $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
$VT_2 \% VO_{2max}$	Porcentaje del consumo de oxígeno con respecto al máximo en VT_2 .
FC a VT_2	Frecuencia cardiaca en el segundo umbral ventilatorio, expresada en latidos por minuto
$VE \cdot VO_2^{-1}$ a VT_2	Equivalente ventilatorio de oxígeno en el segundo umbral ventilatorio.
V a VT_2	Velocidad de carga a segundo umbral ventilatorio, expresado en $km.h^{-1}$.
VE a VT_2	Ventilación pulmonar en VT_2 , expresada en $litros.min^{-1}$.
RER a VT_2	Tasa de intercambio respiratorio en VT_2 .

3.2.2 Variables asociadas a la capacidad de salto.

La tabla 4.9.6 recoge las variables dependientes analizadas en el test de valoración de la capacidad de salto.

Tabla 4.9.6. Variables medidas en la capacidad de salto.

Variable dependiente	Medida
SJ (Salto sin contramovimiento)	Altura alcanzada expresada en cm
CMJ (Salto con contramovimiento)	Altura alcanzada expresada en cm

3.2.3 Variables asociadas a la fuerza, potencia y velocidad de las extremidades inferiores.

La tabla 4.9.7 registra las variables dependientes medidas en el test de la SC.

3.2.4 Variables asociadas a la fuerza, potencia y velocidad de las extremidades superiores.

La tabla 4.9.8 registra las variables dependientes analizadas en el test del PB.

3.3 Variables contaminantes.

Son todas aquellas situaciones que forman parte de la investigación de forma inesperada y sin ser prevista por los investigadores, influenciando en la variable independiente y afectando a la variable dependiente. Esto conlleva una alteración de los resultados comprometiendo la fiabilidad de los mismos.

Tabla 4.9.7. Variables medidas de fuerza, velocidad y potencia en la SC

Variable dependiente	Medida
1RM	Repetición máxima, expresado en kg.
40kg_Vmedia	Velocidad media con 40 kg, expresado en $m.s^{-1}$
40kg_Vpico	Velocidad pico con 40 kg, expresado en $m.s^{-1}$
40kg_Pmedia	Potencia media con 40 kg, expresado en W
40kg_Ppico	Potencia pico con 40 kg, expresado en W
50kg_Vmedia	Velocidad media con 50 kg, expresado en $m.s^{-1}$
50kg_Vpico	Velocidad pico con 50 kg, expresado en $m.s^{-1}$
50kg_Pmedia	Potencia media con 50 kg, expresado en W
50kg_Ppico	Potencia pico con 50 kg, expresado en W
60kg_Vmedia	Velocidad media con 60 kg, expresado en $m.s^{-1}$
60kg_Vpico	Velocidad pico con 60 kg, expresado en $m.s^{-1}$
60kg_Pmedia	Potencia media con 60 kg, expresado en W
60kg_Ppico	Potencia pico con 60 kg, expresado en W

Tabla 4.9.8. Variables medidas de fuerza, velocidad y potencia en el PB

Variable dependiente	Medida
1RM	Repetición máxima, expresado en kg
30kg_Vmedia	Velocidad media con 30 kg, expresado en $m.s^{-1}$
30kg_Vpico	Velocidad pico con 30 kg, expresado en $m.s^{-1}$
30kg_Pmedia	Potencia media con 30 kg, expresado en W
30kg_Ppico	Potencia pico con 30 kg, expresado en W
40kg_Vmedia	Velocidad media con 40 kg, expresado en $m.s^{-1}$
40kg_Vpico	Velocidad pico con 40 kg, expresado en $m.s^{-1}$
40kg_Pmedia	Potencia media con 40 kg, expresado en W
40kg_Ppico	Potencia pico con 40 kg, expresado en W
50kg_Vmedia	Velocidad media con 50 kg, expresado en $m.s^{-1}$
50kg_Vpico	Velocidad pico con 50 kg, expresado en $m.s^{-1}$
50kg_Pmedia	Potencia media con 50 kg, expresado en W
50kg_Ppico	Potencia pico con 50 kg, expresado en W

3.3.1 Variables contaminantes relativas a los investigadores.

Se llevaron a cabo dos procesos diferenciados. Uno relacionado con la evaluación

de los efectos provocados por los programas de entrenamiento, y otro relacionado con el control del entrenamiento realizado.

Con respecto al proceso de evaluación, dos investigadores eran los encargados de efectuar siempre las mismas evaluaciones. Uno efectuaba las concernientes a la fuerza y la capacidad de salto y el otro las correspondientes a las variables cardiorrespiratorias medidas en tapiz rodante. Además, tres observadores fueron instruidos para apoyar a los evaluadores en las labores que fueran encomendadas durante dicho proceso.

En relación a los programas de entrenamiento, estos fueron controlados por tres especialistas del entrenamiento con pesos libres, máquinas y aparatos que generan inestabilidad como el TRX® y BOSU®.

3.3.2 Variables contaminantes relativas a los sujetos de la investigación.

Se establecieron una serie de criterios para la selección de la muestra (ver en sección 4, capítulo IX, apartado II) y los participantes fueron asignados aleatoriamente a tres grupos. Además, hubo homogeneidad de varianzas entre los grupos al aplicar los estadísticos de Levene.

Durante la intervención en el programa de entrenamiento y las evaluaciones, todos los sujetos se abstuvieron de participar en otras actividades físico-deportivas y/o entrenamientos de fuerza y/o resistencia.

Sin llegar a controlar el proceso alimenticio de los participantes, se les hicieron unas recomendaciones básicas sobre alimentación durante el tiempo que duró la

investigación.

3.3.3 Variables contaminantes relativas al proceso de entrenamiento y evaluaciones.

Los entrenamientos se realizaron los mismos días, a la misma hora, en las mismas instalaciones (gimnasio de la Universidad) y con el mismo equipamiento. Los test de valoración (pre y pos) a cada sujeto se efectuaron también en las mismas instalaciones (gimnasio y laboratorio), a la misma hora, con idéntico equipamiento y manteniendo similares condiciones de iluminación y temperatura.

3.3.4 Variables contaminantes relativas a los aparatos de entrenamiento y de evaluación.

Los materiales utilizados durante el proceso de entrenamiento fueron siempre los mismos y comprobados previamente antes del inicio del entrenamiento, para evitar cualquier posible alteración de la carga implantada por los investigadores. Los instrumentos de evaluación utilizados fueron siempre los mismos, siendo previamente calibrados antes del inicio de cada test.

3.3.5 Variables contaminantes relativas a la propia investigación.

En el marco teórico se ha argumentado la importancia de ciertos aspectos concernientes a la ejecución técnica y velocidad de realización de los ejercicios, el orden secuencial de los mismos, los tiempos de recuperación, etc. Por tanto, para el control de estos factores tres especialistas en el entrenamiento con pesos

libres, máquinas y aparatos con inestabilidad inspeccionaron todos los entrenamientos de los participantes, dando las consignas que en su momento consideraron oportunas. Cada uno de los especialistas siempre realizaba la misma función. Uno de ellos se encargaba de todo lo relativo a la ejecución técnica de los ejercicios y velocidad de ejecución. Otro compañero controlaba los cambios de estaciones y los tiempos de recuperación. El tercer observador registraba la RPE de los sujetos al finalizar los ejercicios y la sesión.

Para el control de las cargas y de la densidad de las sesiones correspondientes, el investigador seleccionado a tal efecto, se llevaba los datos relativos a la RPE registrada por el observador al finalizar la última sesión semanal. Aplicaba el baremo implantado de control de los estímulos a cada sujeto de forma individual, y al inicio de la siguiente sesión se le daba a cada participante la ficha con los ejercicios, tiempos de recuperación e intensidad correspondientes.

4. PROPUESTA Y PROCEDIMIENTOS DE LAS EVALUACIONES.

Se realizaron dos tipos de pruebas:

1. Test de evaluaciones de las variables cardiorrespiratorias.
2. Test de evaluaciones de diversas variables relacionadas con la fuerza de las extremidades superiores e inferiores.

Cronológicamente los primeros test efectuados fueron los relacionados con las variables cardiorrespiratorias, concretamente en el laboratorio de Fisiología del Ejercicio. A las 48 horas se hicieron los test de evaluación de la fuerza de las

extremidades superiores e inferiores.

Todas las pruebas de valoraciones iniciales (PRE) y finales (POS) duraron una semana, siendo rigurosamente idénticas y realizadas por los mismos investigadores. Los participantes fueron advertidos de no realizar trabajo físico alguno durante las 48 horas previas a la realización de los test. Además, durante las dos horas previas al comienzo de las pruebas, los sujetos no podían ingerir ningún alimento ni beber líquidos a excepción del agua.

4.1 Procedimiento de la evaluación de las variables cardiorrespiratorias.

Prueba incremental en tapiz rodante.

Se efectuaron en el laboratorio de fisiología del ejercicio. Previamente a la prueba se realizó un examen médico con historial clínico y electrocardiografía en reposo. A continuación efectuaron un calentamiento de 10 minutos, consistente en unos estiramientos dinámicos y movilidad articular (5 minutos), y un ligero trote acabando a la velocidad de carga inicial de la prueba incremental (5 minutos). Posteriormente, comenzaron el test en tapiz rodante con protocolo incremental hasta la extenuación. La velocidad inicial fue $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y el aumento de la carga de $0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 30 segundos.

Durante todas las pruebas los datos del intercambio respiratorio fueron recolectados por un analizador de gases *respiración a respiración* (Vmax spectra 29, Sensormedics Corp., Yorba Linda, California, USA) para determinar su consumo de oxígeno máximo ($\text{VO}_{2\text{max}}$), ventilación pulmonar (VE), equivalente

ventilatorio de oxígeno ($VE \cdot VO_2^{-1}$), equivalente ventilatorio de dióxido de carbono ($VE \cdot VCO_2^{-1}$), tasa de intercambio respiratorio (RER), presión parcial de oxígeno *end tidal* y de dióxido de carbono ($P_{ET}O_2$ y $P_{ET}CO_2$ respectivamente).

El VO_{2max} fue recogido como el valor más alto de consumo de oxígeno obtenido, en intervalos de tiempo de 30 segundos a lo largo del test incremental. Los umbrales ventilatorios VT_1 y VT_2 fueron también identificados por dos investigadores de forma independiente. Si no había coincidencia entre ambos se tenía en consideración la opinión de un tercer investigador. El VT_1 fue determinado como la carga de trabajo correspondiente a un incremento tanto en $VE \cdot VO_2^{-1}$ y en la $P_{et}O_2$, sin un aumento concomitante del $VE \cdot VCO_2^{-1}$. El VT_2 fue definido cuando se produjo un incremento tanto en el $VE \cdot VO_2^{-1}$ como en el $VE \cdot VCO_2$ ^{445,446,447,448}.

Además, se registró la frecuencia cardiaca de forma continua mediante registro telemétrico, con un transmisor colocado en el pecho que enviaba los datos a un receptor portátil. La frecuencia cardiaca máxima (FC_{max}) fue registrada como el mayor valor obtenido en el test incremental.

4.2 Procedimiento de la evaluación de las variables relacionadas con la capacidad de salto.

48 horas después de finalizadas las evaluaciones cardiorrespiratorias comenzaron los test de medición de la capacidad de salto (tabla 4.9.9). Los participantes comenzaron con un calentamiento general estandarizado. El

calentamiento consistió en una carrera suave de 5 minutos, y a continuación 5 minutos de estiramientos dinámicos y movilidad articular de las extremidades inferiores y superiores⁴⁴⁹.

Posteriormente realizaban 3 carreras progresivas de 20 metros incrementando la intensidad desde la primera hasta la última repetición. Se estableció un periodo de recuperación de 2 minutos entre cada repetición. A continuación efectuaban un sprint a la máxima velocidad. El objetivo era producir la máxima activación neuromuscular antes del calentamiento específico. Finalizado el último sprint, los participantes descansaban 3 minutos e iniciaban un calentamiento específico de las extremidades inferiores. Los sujetos ejecutaban 3 SJ y 3 CMJ recuperando 30 segundos entre cada salto⁴⁵⁰.

Una vez finalizado el calentamiento específico y después de 3 minutos de descanso, comenzó el protocolo de evaluación de la capacidad de salto. Los participantes realizaron 3 SJ con un intervalo de descanso de 1 minuto entre cada salto. Finalizado el último SJ y pasados 3 minutos, efectuaron 3 CMJ con las mismas pautas de recuperación⁴⁵⁰.

En todos los saltos se registró la altura de vuelo obtenida en una plataforma de contactos infrarroja, seleccionando la media de los 3 saltos para el posterior análisis.

En el SJ (Fig. 4.9.1) y en el CMJ (Fig. 4.9.2) se pretende alcanzar la máxima elevación del centro de gravedad.



Figura 4.9.1. Salto squat jump (SJ)

El SJ se realiza partiendo desde una posición inicial de flexión de rodillas y caderas ($\sim 90^\circ$) sin producir contramovimiento, manteniendo la posición aproximadamente durante 4 segundos para evitar acumular la energía elástica en la flexión y ser utilizada en la fase concéntrica. Desde esa posición se ejecuta una extensión de rodillas y caderas lo más explosiva que pueda el participante. En el CMJ la posición de partida es de pie, en una posición normal con las rodillas y caderas extendidas.



Figura 4.9.2. Salto counter movement jump (CMJ)

Para la ejecución del salto se efectúa una flexo-extensión rápida de rodillas y caderas con la mínima parada (acoplamiento) entre las fases excéntrica y concéntrica. En ambos saltos la flexión de rodillas tiene que ser

aproximadamente de 90°. Las manos están fijadas a las caderas con el fin de no obtener ayuda alguna con los brazos. Las rodillas deben estar extendidas durante la fase de vuelo, tomando contacto en el suelo con las puntas de los pies.

Al contactar en el suelo en la fase de caída se pueden flexionar las rodillas hasta un ángulo cercano a los 90°, para garantizar una adecuada amortiguación. El coeficiente de correlación intraclase (ICC) para la capacidad de salto fue de 0.881.

Tabla 4.9.9. Protocolo para la evaluación de la capacidad de salto.

1º Calentamiento específico		2º SJ protocolo		3º CMJ protocolo	
Salto/TR entre saltos	TR	Salto	TR	Salto	TR
3 SJ/30'' TR	3	1 SJ	1	1 CMJ	1
3 CMJ/30'' TR	3	1 SJ	1	1 CMJ	1
		1 SJ	3	1 CMJ	5

CMJ = Counter Movement Jump; SJ = Squat Jump; TR = Tiempo de recuperación (minutos, excepto en el calentamiento específico que se pautaron 30'' entre cada salto)

4.3 Procedimiento de la evaluación de las variables relacionadas con la fuerza de las extremidades superiores e inferiores.

Una vez finalizados los test de la capacidad de salto se pautó un tiempo de recuperación de 5 minutos y se inició el protocolo de evaluación de la fuerza, velocidad de movimiento con resistencias y potencia muscular en el tren inferior y superior (Tabla 4.9.10). Para este propósito, dos ejercicios muy populares en el entrenamiento con resistencias fueron seleccionados: sentadilla completa (SC) y press de banca (PB). La máquina Smith (Multipower, Reebok) fue utilizada para la ejecución de ambas pruebas.

Tabla 4.9.10. Protocolo para la evaluación de la SC y BP.

1º Calentamiento específico		2º SC protocolo		3º PB protocolo	
Rep. X carga	TR	Rep. X carga	TR	Rep. X carga	TR
8 x barra	1	4 x 40 Kg	3	4 x 30 Kg	3
6 x 20 kg	1	3 x 50 kg	3	3 x 40 kg	3
4 x 30 kg	3	2 x 60 kg	3	2 x 50 kg	3
		6 x 85% 1RM	5	6 x 85% 1RM	

Rep.= Repeticiones; TR = Tiempo de recuperación (minutos); SC = Sentadilla completa; PB = Press de banca

Primero se efectuó el test de SC para finalizar con el ejercicio PB. La semana anterior al comienzo de los test, los participantes realizaron varias prácticas de familiarización con cargas ligeras y medias a gran velocidad. A la semana siguiente comenzaron las pruebas para determinar el 1RM y potencia. El protocolo establecido siguió directrices similares a las pautadas por Sánchez-Medina y cols. (2010)⁴⁵¹. Debido a la inexperiencia de los participantes en este tipo de pruebas, se realizaron estimaciones para determinar el RM en función de la velocidad de movimiento alcanzada al 85% de 1RM⁴⁵¹. Además, se utilizaron cargas moderadas a ligeras para cuantificar los niveles de potencia y velocidad de movimiento.

En la ejecución técnica de ambos ejercicios se siguieron las recomendaciones del National Strength and Conditioning Association⁴⁵², requiriendo a los participantes que todas las repeticiones se ejecutaran a la máxima velocidad posible.

De cada serie de SC y PB se obtuvo la medición de la velocidad media (V_{media}), velocidad pico (V_{pico}), potencia media (P_{media}) y potencia pico (P_{pico}) en la fase concéntrica (propulsiva), así como el 1RM de ambos ejercicios estimado con el T-

Force Dynamic Measurement System (TFDMS) (Ergotech, Murcia, Spain). El coeficiente de correlación intraclase (ICC) para los test de SC y PB fueron de 0.821 y 0.893 respectivamente.

4.3.1 Test de sentadilla completa.

Se realizó un calentamiento específico progresivo en intensidad. Para ello se hicieron tres series en la máquina Smith. En la primera se ejecutaban 8 repeticiones con la barra y sin carga adicional a una velocidad de movimiento normal. En la segunda serie 6 repeticiones con una carga de 20 kg a una velocidad submáxima, para finalizar efectuando 4 repeticiones a la máxima velocidad posible con una carga de 30 kg. El tiempo de recuperación establecido entre cada serie fue de 1 minuto. Una vez finalizado el calentamiento específico se pautó un tiempo de recuperación de 3 minutos y se inició el protocolo. Éste consistía en realizar 4 series. En la primera se realizaban 4 repeticiones con un peso de 40 kg, en la segunda 3 repeticiones con 50 kg, en la tercera 2 repeticiones con un peso de 60 kg. Con el peso de 60 kg se estimó el 85% de 1RM dependiendo de la velocidad de movimiento adquirida por la barra. La cuarta serie se realizaba con el peso correspondiente al 85% de 1RM, calculándose el RM definitivo en función de la velocidad de movimiento alcanzada por la barra en tiempo real, registrada con un dinamómetro isoinercial TFDMS⁴⁵¹ (Fig. 4.9.3). Además, para corroborar los cálculos estimados en función de la velocidad de movimiento, el sujeto en esta última serie debía efectuar un número de repeticiones hasta el fallo con la carga estipulada al 85% de 1RM. Si el

participante ejecutaba entre 5 y 6 repeticiones, el cálculo del 1RM se consideraba válido, ya que hay una relación directa entre el número de repeticiones que se pueden efectuar al 85% de 1RM y el $1RM^{452}$. El tiempo de recuperación entre cada serie fue de 3 minutos (Tabla 4.9.10).

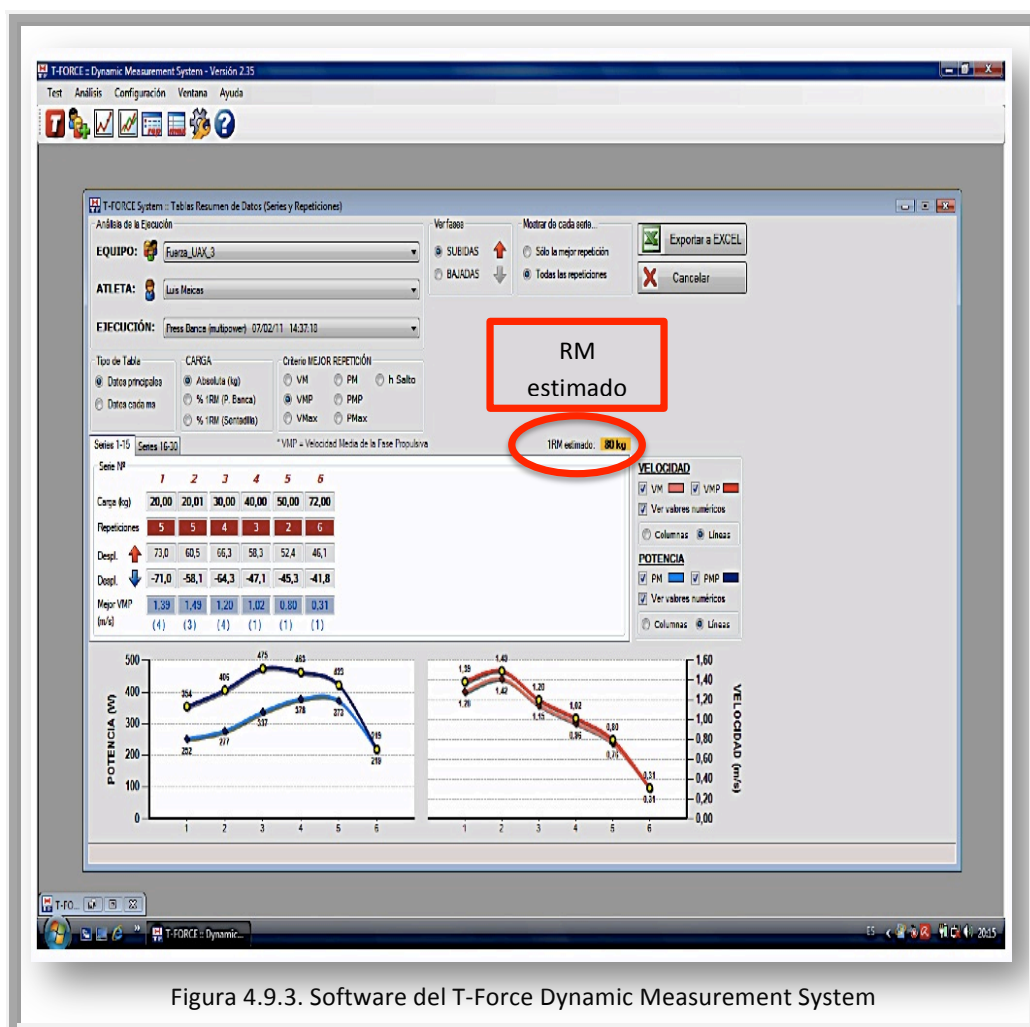


Figura 4.9.3. Software del T-Force Dynamic Measurement System

4.3.2 Test de press de banca.

Una vez finalizado el protocolo del ejercicio SC se pautaron 5 minutos de descanso y se comenzó con el ejercicio del PB. Después de realizar un calentamiento específico idéntico al ejercicio de la SC, se inició el protocolo del

PB exactamente con las mismas directrices que su antecesor, exceptuando la elección de la carga aplicada en cada serie. La primera serie los sujetos realizaron 4 repeticiones con un peso de 30 kg, en la segunda serie 3 repeticiones con 40 kg, en la tercera serie 2 repeticiones con una carga de 50 kg, y en la última serie se ejecutaban todas las repeticiones posibles con una carga al 85% de la repetición máxima (1RM), estimada en la 3ª serie (50 kg) en función de la velocidad de movimiento registrada con el TFDMS. Los tiempos de recuperación fueron idénticos (Tabla 4.9.10).

Se seleccionaron estos pesos en las pruebas de evaluación porque en la sesión de familiarización con cargas ligeras y medias, se observó que se correspondían con la carga en la cual los participantes desarrollaban los máximos niveles de potencia media y pico, aproximadamente a una intensidad relativa entre el 40% y 60% de 1RM. Recientes estudios efectuados en acciones musculares dinámicas multiarticulares en condiciones isoinerciales han mostrado una gran variabilidad de intensidades^{453,454,455} (20%-80% de 1RM). Este rango tan amplio provoca bastantes controversias con respecto a qué intensidades relativas son adecuadas para el desarrollo de la potencia⁴⁵⁶. Estas diferencias son atribuidas principalmente a aspectos metodológicos (mediciones pico VS. media, inclusión VS. exclusión de la masa corporal, mediciones en extremidades superiores VS. extremidades inferiores), contextuales e individuales (aprendices VS. sujetos entrenados). Por tanto, es evidente que los niveles de potencia son variables en función del tipo de ejercicio y grupos musculares implicados⁴⁵³. Los resultados de

diversos estudios revelan que los máximos niveles de potencia para el ejercicio PB están aproximadamente entre el 45%^{457,458} y 55% de 1RM⁴⁵¹. En el ejercicio de sentadilla los hallamos próximos al 35% y 60%⁴⁵⁹, 48%-63%²¹⁰ o 45% de 1RM⁴⁵⁷. El posterior análisis de los resultados de las variables de velocidad y potencia media y pico se hizo con la media correspondiente a los pesos de 40 kg y 50 kg, aproximadamente a una intensidad relativa entre el 40% y 60% de 1RM, acorde a las investigaciones comentadas anteriormente.

4.4 Recursos materiales.

4.4.1 Valoración de las respuestas cardiorrespiratorias.

i. Respuestas ventilatorias.

La prueba incremental se realizó en el tapiz rodante “TechnoGym, Runrace, Forli, Italy”. (Fig. 4.9.4). Para analizar las respuestas ventilatorias durante la prueba incremental, los datos del intercambio respiratorio fueron recolectados por un analizador de gases *respiración a respiración* “Vmax spectra 29, Sensormedics Corp., Yorba Linda, California, USA”.

ii. Respuestas de la Frecuencia Cardiaca.

La frecuencia cardiaca se registró en todos los test mediante registro telemétrico, con un transmisor colocado en el pecho que enviaba los datos a un receptor portátil “RS-800CX, Polar Electro OY; Kempele, Finland” (Fig. 4.9.5). La FC de registro se tomó cada 5 segundos.

4.4.2 Valoración de la capacidad de salto.

La altura de vuelo obtenida en los saltos se registró con una plataforma de contactos infrarrojos “Optojump System, Microgate SARL, Bolzano, Italia” (Fig. 4.9.6). La validez y fiabilidad de este aparato ha sido ampliamente demostrada⁴⁴⁹. El Optojump System mide el tiempo de vuelo en el salto vertical con una precisión de 1/1000 segundos (1 kHz). La altura de vuelo fue estimada mediante $9.81 \times \text{tiempo de vuelo}^2/8$.



Figura 4.9.4 Tapiz rodante



Figura 4.9.5. Pulsómetro

4.4.3 Valoración de las variables relacionadas con la fuerza de las extremidades superiores e inferiores.

La máquina Smith (Multipower, Reebok) fue utilizada para la ejecución de ambas pruebas (SC y PB). El diseño de este aparato de musculación guiado permite a los participantes controlar el movimiento a lo largo de todo el recorrido (Fig. 4.9.7).

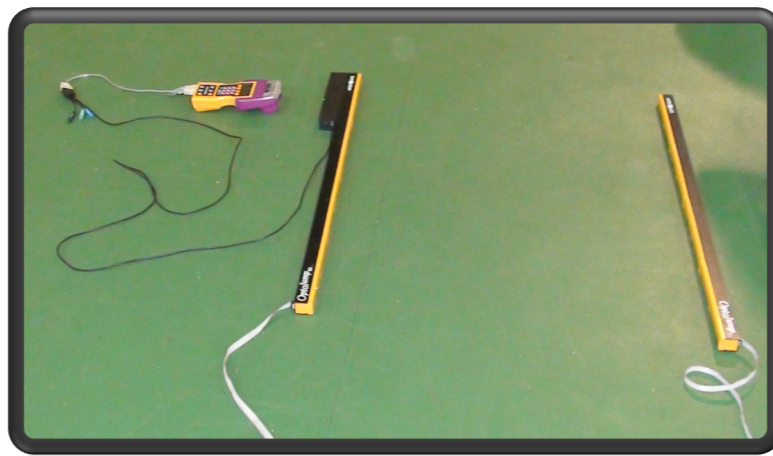


Figura 4.9.6. Optojump System

El registro de los datos relativos a las variables de RM, potencia y velocidad de movimiento se realizó con un dinamómetro isoinercial “T-Force Dynamic Measurement System”(Ergotech, Murcia, Spain). Este sistema consiste en un cable transductor de velocidad lineal que está conectado a un ordenador, transmitiendo los datos al software específico (TFDMS 2.35) (Fig. 4.9.3), obtenidos con una resolución analógico-digital de 14 bits, calculando los parámetros cinemáticos y cinéticos de cada repetición, y almacenando y proporcionando toda la información de los registros obtenidos en tiempo real. La frecuencia de muestreo es de 1000Hz. La validez y fiabilidad de este sistema fue

previamente corroborada en una prueba piloto. El aparato fue previamente calibrado por el Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial. Para ello, las mediciones obtenidas se compararon con un calibrador de alta precisión (Mitutoyo HDS-H60C; Mitutoyo, Corp., Kawasaki, Japan). Se cotejaron los datos relativos a 18 TFDMS. El error relativo medio encontrado en las mediciones de velocidad fue inferior a 0.25%, mientras que en el movimiento fue próximo a 0.5 mm. Además, cuando se realizaban 30 repeticiones y dos aparatos registraban los datos correspondientes simultáneamente (rango = 0.3-2.3 m.s⁻¹ velocidad media), se obtuvo un coeficiente de correlación intraclase (ICC) de 1.00 (Intervalo de confianza al 95%= 1.00-1.00) y un coeficiente de variación (CV) de 0.57% para la velocidad media propulsiva, mientras que para la velocidad pico se alcanzó un ICC de 1.00 (intervalo de confianza al 95%= 0.99-1.00) y un CV de 1.75⁴⁶⁰. Otra de las posibilidades que brinda el TFDMS es la estimación del RM. Éste depende de la velocidad de movimiento alcanzada por la barra cuando realizamos el ejercicio.

Las diversas variables cinemáticas y cinéticas fueron calculadas como se describe a continuación:

Velocidad (m.s⁻¹)= Movimiento vertical de la barra (m) x tiempo (s⁻¹).

Aceleración (m.s⁻²)= velocidad vertical de la barra (m.s⁻¹) x tiempo (s⁻¹).

Fuerza (N)= Masa del sistema (kg) × Aceleración vertical de la barra (m.s⁻²) + aceleración de la gravedad (m.s⁻²).

Potencia (W) = Fuerza vertical (N) × velocidad vertical de la barra ($m \cdot s^{-1}$).

Otros materiales necesarios para el perfecto desarrollo de las evaluaciones fueron:

- Sala de calentamiento (zona de trabajo aeróbico y de pesas) (Fig. 4.9.8 y Fig. 4.9.9).
- Barras Salter y Reebook.
- Discos de peso Salter.
- Bancos.
- Cronómetros. Utilizados para medir los tiempos de recuperación.
- Ordenador portátil y material de impresión de resultados.
- Cámara digital. Utilizada para realizar fotos de la investigación.



Figura 4.9.7. Evaluación de la Fuerza, potencia y velocidad en la Máquina Smith.

4.5 Recursos humanos.

En cuanto a los recursos humanos, además de los participantes objeto de estudio, contábamos con personal cualificado a diferente nivel:

- Personal de Investigación: Doctores en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
- Personal colaborador. Licenciados y estudiantes en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
- Personal sanitario. Médicos y enfermeros de la Universidad.



Figura 4.9.8. Discos y barras



Figura 4.9.9. Sala de calentamiento

5. DISEÑO DEL MODELO DE PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO.

5.1 Fase de familiarización.

Recordamos que solamente unos pocos participantes tenían una mínima experiencia en el entrenamiento con pesas y ninguno de ellos con aparatos de inestabilidad. Se pautó un breve período de familiarización de 1 semana, concretamente 3 sesiones alternadas con un día de descanso. Al GI se les explicó la ejecución correcta de los ejercicios básicos para poder mantener la estabilidad en los aparatos y una posición corporal correcta, dando paso a la práctica de los mismos. Al GT se le describió la ejecución adecuada de los ejercicios que conformaban el programa de entrenamiento, dando paso a la práctica de los mismos con cargas ligeras y pocas repeticiones. Al final del proceso de familiarización los sujetos mostraron su satisfacción y un dominio técnico propicio para el comienzo del programa de entrenamiento.

5.2 Desarrollo del programa de entrenamiento.

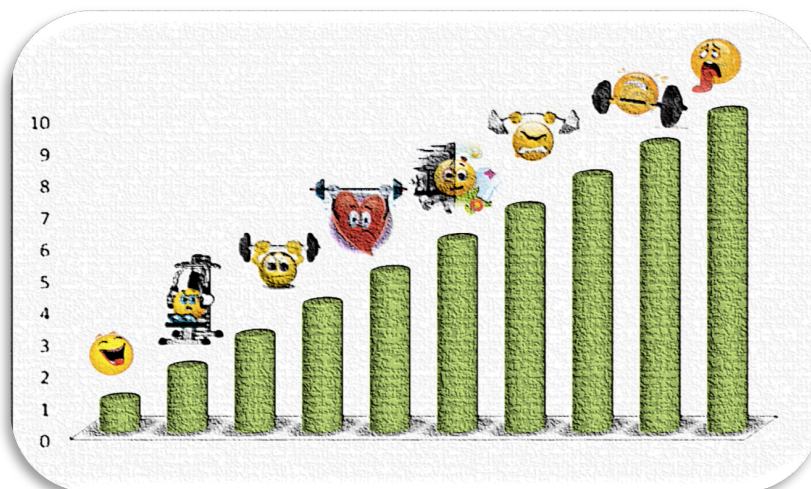


Gráfico 4.9.1. RPE utilizada.

El gráfico 4.9.1 muestra la RPE utilizada en el programa de entrenamiento.

5.2.1 Periodización.

i. Estructuras temporales.

La duración del programa de entrenamiento fue de 7 semanas más la añadida de familiarización. Se secuenciaron las siguientes estructuras temporales tal y como se detalla a continuación (Gráfico 4.9.2):

- a) La mayor estructura temporal utilizada ha sido el macrociclo. Está formado por dos periodos. El periodo básico (PBs) y el periodo específico (PE). EL PBs tiene una duración de 3 semanas y el objetivo es acondicionar al participante. El PE se prolonga temporalmente 5 semanas. El objetivo es mejorar los niveles de condición física y salud.
- b) A su vez cada periodo está estructurado en dos mesociclos denominados de adaptación (AD) y de entrenamiento (EN). La duración es la misma que en el PBs y PE respectivamente. El objetivo del mesociclo AD es adaptar y acondicionar al organismo (sistema neuromuscular y cardiorrespiratorio), mediante estímulos ligeros y una adecuada ejecución técnica, a las cargas más importantes que se desarrollarán durante el EN. El mesociclo EN tiene como objetivo mejorar las capacidades condicionales determinadas.
- c) Los mesociclos se fragmentan en microciclos de una semana de duración cada uno. El AD está formado por tres microciclos: el de familiarización

(FA) y dos de ajuste (AJ). El objetivo del FA es adquirir la destreza técnica suficiente como para realizar los ejercicios con garantía, evitando lesiones o cualquier otro contratiempo derivado de una inadecuada ejecución técnica. El objetivo del AJ es acondicionar al participante con estímulos ligeros y progresivos, previo paso hacia las cargas más exigentes. A su vez, el mesociclo de EN está formado por microciclos de carga (K). El objetivo del microciclo de K es entrenar las capacidades condicionales aumentando las cargas gradual y progresivamente cada semana. En este caso no se ha querido implantar otro tipo de microciclos cuyas características podrían requerir una mayor exigencia física.

ii. Componentes de la carga.

Habitualmente la intensidad de las cargas en el entrenamiento con resistencias se pauta en función de 1RM. Por ejemplo:

Si el objetivo es desarrollar la hipertrofia, los volúmenes más efectivos son entre 8-10RM a una intensidad relativa del 80%-75% de 1RM. Para ello, es necesario conocer la carga aplicando un test de valoración de 1RM, con el inconveniente que acarrea el efectuar diversas pruebas de RM para los diferentes ejercicios.

En el entrenamiento con resistencias aplicado al ámbito del fitness, consideramos engorroso el hecho de tener que calcular el punto de partida más alto (1RM) para establecer unos porcentajes. Se ha modificado el proceso y, desde un punto de partida que percibe el deportista, se han ido incrementando

las cargas de entrenamiento aplicando ambos criterios: la RPE y los conceptos y principios básicos del entrenamiento deportivo. Los valores establecidos en la periodización (Gráfico 4.9.2) son los pretendidos hipotéticamente en el programa de entrenamiento, para que se produzca una secuencia incremental y regulada en los estímulos de entrenamiento.

En esta periodización en concreto además se han manipulado otras variables: la RPE, la densidad del entrenamiento y el tiempo de recuperación. De la relación existente entre éstas se han redefinido otros parámetros de cuantificación y cualificación de las cargas de entrenamiento periodizadas, con ciertos matices que explicamos a continuación:

a. El VIP (volumen e intensidad percibida).

Para determinar la intensidad de los estímulos hemos definido un componente denominado VIP. En realidad el VIP es un compendio entre el V_o y la I , en donde el V_o (referente al nº de repeticiones y de series) lo hemos mantenido constante a lo largo de ambos programas de entrenamiento, modificando la intensidad.

Esta variable la hemos relacionado directamente con la RPE estableciendo unas equivalencias (Tabla 4.9.11).

b. Tiempo de Recuperación Percibido (TRP).

Al segundo componente determinado le hemos denominado TRP. Al tiempo de descanso pautado cada semana (Gráfico 4.9.3) le atribuimos un valor equivalente a la RPE (Tabla 4.9.11). A modo de ejemplo:

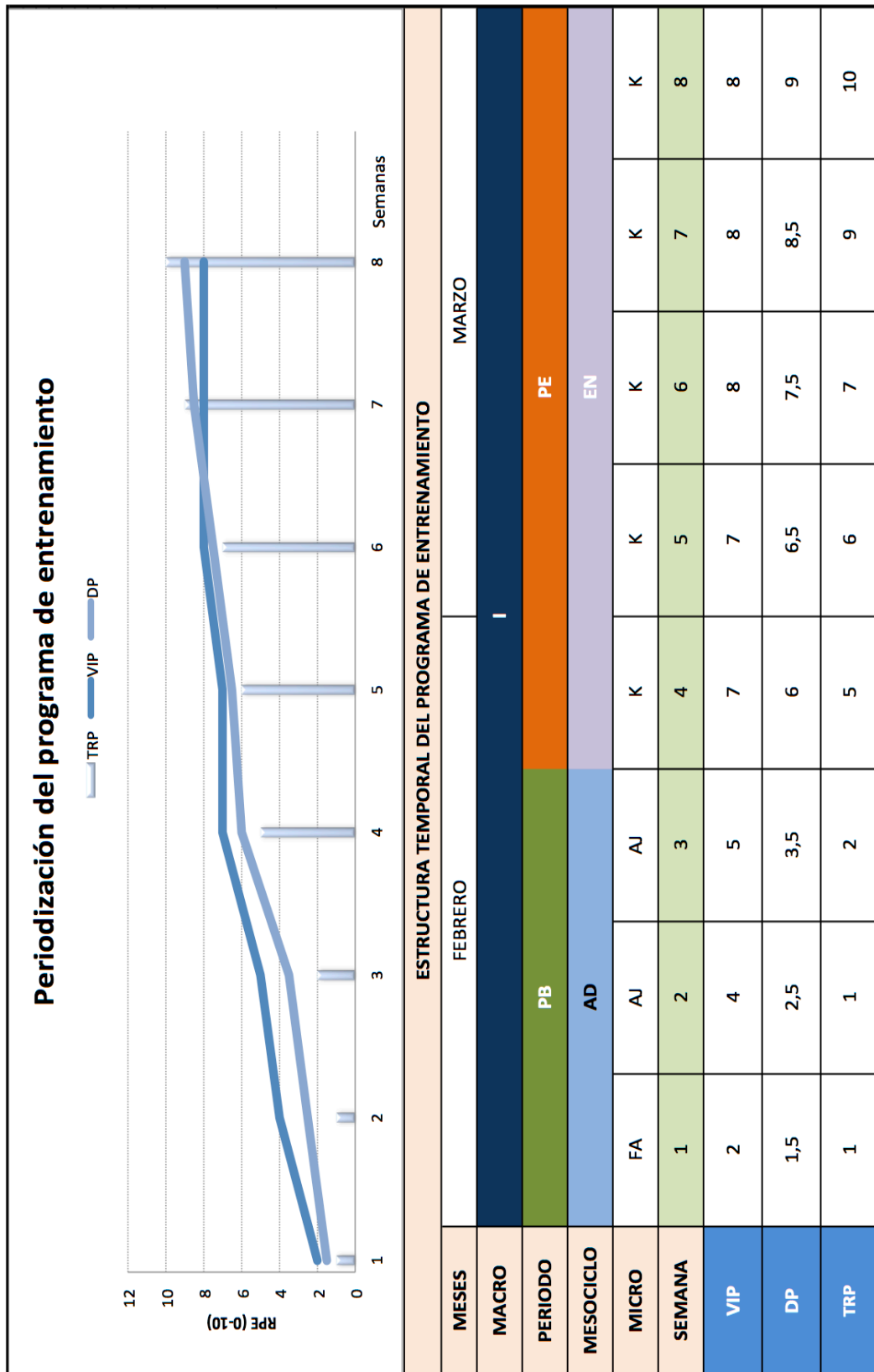


Gráfico 4.9.2. Periodización del programa de entrenamiento.

Si el tiempo de recuperación establecido es de 30" se le atribuye un valor equivalente de TRP=1 en la RPE. Si el tiempo de recuperación es de 25" se le da un valor de TRP=2 y así sucesivamente. A menor tiempo de recuperación establecido le corresponde una mayor percepción del esfuerzo y viceversa.

c. Densidad Percibida (DP).

Con respecto a la densidad del entrenamiento hemos desarrollado un nuevo concepto relacionando la RPE y la recuperación. La diferenciamos con el nombre de "densidad percibida" (DP). La justificación la planteamos de la siguiente manera.

El concepto de densidad del entrenamiento relaciona la duración de los estímulos con la recuperación, es decir, la densidad se aumenta incrementando la duración de los estímulos y/o disminuyendo el tiempo de recuperación. Este aspecto aumenta la exigencia física provocando un aumento de la RPE. Sin embargo, si disminuimos la duración de los estímulos y/o ampliamos el tiempo de recuperación, la densidad se reducirá disminuyendo la RPE de los participantes. Por tanto, hay un vínculo entre la RPE, la duración de los estímulos y el tiempo de recuperación (TRP). A esta relación existente la denominaremos "DP".

En la tabla 4.9.11 se muestran las equivalencias implantadas entre la RPE y los componentes de la carga establecidos TRP, VIP y DP.

Para calcular el valor de la DP hemos aplicado la media aritmética entre el VIP y

el TRP. Al estar utilizando baremos del 1 al 10, relacionándolos con la RPE (1-10), resulta sencillo e intuitivo calcular la DP del ejercicio, sesión o semana de entrenamiento.

Se expone un ejemplo para una mejor comprensión. Se han reducido gradual y progresivamente los tiempos de recuperación a lo largo del ciclo de entrenamiento, incrementando la densidad (Gráfico 4.9.3). Se han atribuido una serie de valores equivalentes a la RPE en función del tiempo de recuperación pautado (Tabla 4.9.11). Es decir, si el tiempo de recuperación en la segunda semana es de 30'' se le atribuye un valor equivalente de TRP=1 en la RPE (Tabla 4.9.11) y el VIP establecido en la periodización para esa semana es de 4 (Gráfico 4.9.2); en la cuarta semana al tiempo de recuperación de 15'' se le da un valor de TRP=5 (Tabla 4.9.11) y le corresponde un VIP=7 (Gráfico 4.9.2); en la última semana que no hay recuperación se le da un valor de TRP=10 y el VIP=8. El valor resultante lo relacionamos directamente con la RPE. Por tanto, la DP de la segunda semana es igual a $(4+1)/2=2.5$; la cuarta semana $DP=(7+5)/2=6$; la última semana $DP=(8+10)/2=9$.

Este concepto nos puede servir de gran ayuda en nuestra periodización. Como veremos más adelante la RPE de las cargas de entrenamiento en algunos ejercicios será máxima, por lo que no se aumentará el VIP. El incremento del estímulo se producirá por una disminución del tiempo de recuperación, es decir, aumentando la DP a la que hemos asignado un valor. Cuanto mayor sea el valor de la DP mayor será la intensidad y/o menor el tiempo de recuperación de los

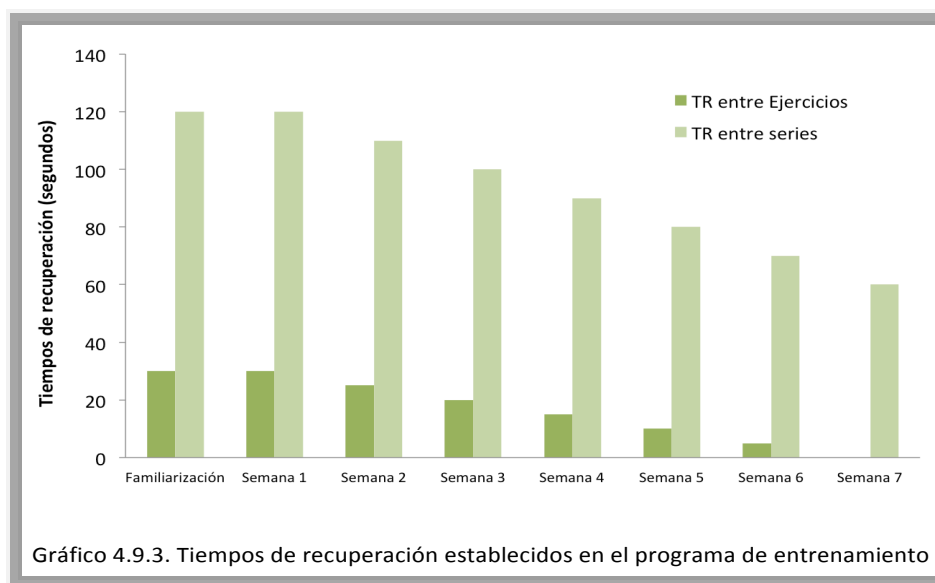
estímulos aplicados.

iii. Incrementos de la carga.

a. VIP.

Los incrementos de la carga se han pautado en función de la VIP y no de los habituales porcentajes de 1RM (Gráfico 4.9.4). Este aumento surge de la relación establecida entre el VIP y la RPE (Tabla 4.9.11).

El incremento de la carga se ha realizado por ejercicios y no por sesión. En función de la RPE percibida en cada ejercicio se aumentaba la carga (VIP) como muestra el gráfico 4.9.4. En el GT se mantenía constante el nº de repeticiones (15) a lo largo de las 7 semanas, aumentando el peso siguiendo las recomendaciones del Journal of Strength and Conditioning research⁴⁵². Sin embargo, en los ejercicios del GI al ser realizados con el peso corporal, el aumento de carga se efectuaba modificando el grado de inestabilidad y las posiciones corporales.



Para una mayor comprensión desarrollamos un ejemplo práctico. Imaginemos que el sujeto A (GT) realiza la segunda semana dos ejercicios: SC y PB. En la SC hace 15 repeticiones con un peso de 100 kg y tiene una RPE de 8 al final de la misma. En el PB efectúa 15 repeticiones con un peso de 50 kg y tiene una RPE de 6. Si vamos al gráfico 4.9.4 y/o a la relación establecida en la tabla 4.9.11, supone un incremento del VIP del 5% en el “ejercicio SC”, es decir, el peso a levantar la próxima semana es de 105 kg. En el “ejercicio PB” supone un aumento de la carga del 10% (55 kg). El VIP medio de la sesión (ambos ejercicios) sería 7.

Supongamos que el sujeto 2 (GI) efectúa 2 ejercicios. En el “ejercicio 1” realiza con el TRX® 15 repeticiones y tiene una RPE de 10. Se modifica el VIP del ejercicio disminuyendo el grado de inestabilidad o posición corporal hasta que la RPE del participante se adapte a los parámetros de carga establecidos en esa semana.

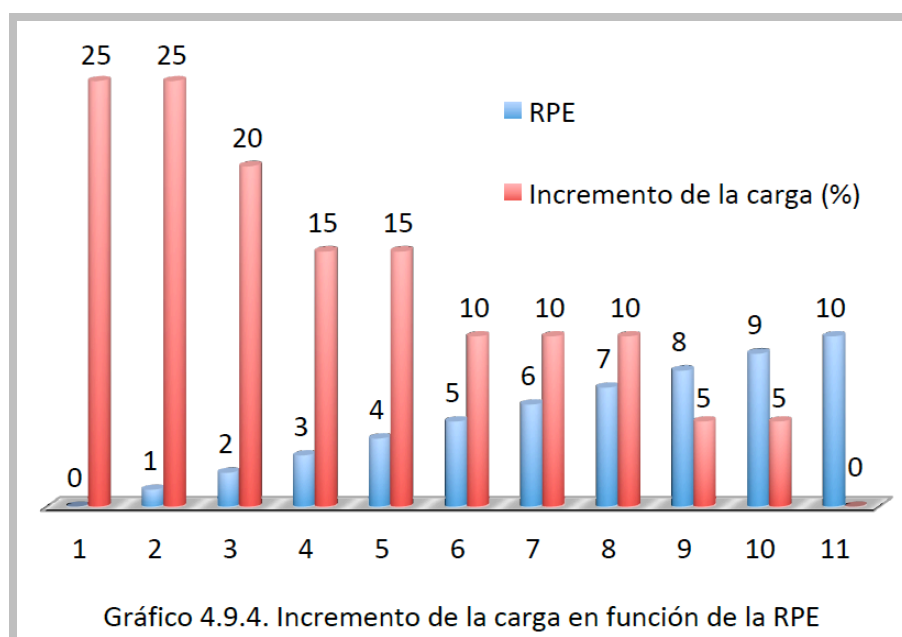
Tabla 4.9.11. Relación entre la RPE y los componentes de la carga establecidos

Percepción	RPE (1-10)	Recuperación. TRP (seg)	Incremento de la VIP	Incremento de la DP
	0	30 (0)	25% (0)	0-0.5
Muy Muy suave	1	30 (1)	25% (1)	1-1.5
Muy suave	2	25 (2)	20% (2)	2-2.5
Bastante suave	3	20 (3)	15% (3)	3-3.5
	4	20 (4)	15% (4)	4-4.5
Algo duro	5	15 (5)	10% (5)	5-5,5
	6	15 (6)	10% (6)	6-6.5
Duro	7	10 (7)	10% (7)	7-7.5
Muy duro	8	5 (8)	5% (8)	8-8.5
	9	5 (9)	5% (9)	9-9.5
Muy muy duro	10	0 (10)	No aumento (10)	10

Imaginemos que en el “ejercicio 2” con BOSU® realiza 15 repeticiones y tiene una RPE de 7. El incremento del VIP se hace aumentando un 10% el grado de inestabilidad y posición corporal de forma subjetiva. Por ello, la RPE juega un papel determinante a la hora de pautar las cargas de entrenamiento. El VIP medio de ambos ejercicios sería 8.5.

b. El tiempo de recuperación (TRP).

Para ambos programas de entrenamiento el tiempo de recuperación pautado inicialmente entre cada ejercicio fue de 30”, reduciéndose gradual y progresivamente cada semana en 5” hasta realizar los ejercicios sin descanso (Gráfico 4.9.3), siguiendo las directrices marcadas para la mejora de la resistencia muscular local y cardiovascular³⁹³. El periodo de descanso entre series fue inicialmente de 2 minutos, reduciéndose progresivamente cada semana 10”, hasta establecer un intervalo de pausa de 1 minuto.



c. La densidad de la carga (DP).

La densidad de la carga se fue incrementando gradual y progresivamente durante las siete semanas de entrenamiento (Gráfico 4.9.2). Para ello se fue reduciendo el tiempo de recuperación progresivamente, con el objetivo de reducir la duración de la sesión haciéndola más intensa.

iv. Tipo de entrenamiento.

Consideramos que el RT tradicional (GT) contribuye a favorecer muchos aspectos relacionados con la mejora de la condición física y salud^{70,393,426,427,429,430,431,434}. Se ha seleccionado el entrenamiento con inestabilidades (TRX® y Bosu®) para ver la diferencia entre ambos, utilizando ejercicios similares y aplicando el mismo proceso de periodización. Además, al aplicarlos bajo una metodología de entrenamiento en circuito favorece el empleo de tiempos de recuperación mínimos.

El hecho de aplicar intervalos de descanso reducidos tiene un objetivo claro *“Producir beneficios en el sistema cardiovascular y respiratorio”*^{108,119}.

v. Selección de los ejercicios y orden.

A la hora de confeccionar el programa de entrenamiento se procuró seleccionar prioritariamente, ejercicios poliarticulares que impliquen más masa muscular por los motivos que se exponen a continuación:

- Son más efectivos para desarrollar fuerza muscular, permitiendo levantar

más peso o carga²²³.

- Implican mayor masa muscular, lo que produce respuestas metabólicas más agudas en el entrenamiento con resistencias¹⁰⁵.
- El entrenamiento “tradicional” se diseñó con ejercicios de pesos libres y máquinas, por el efecto beneficioso que producen^{97,340,341,343}.
- El otro programa de entrenamiento seleccionado fue con ejercicios en condiciones de inestabilidad utilizando dos aparatos: Bosu® y TRX®. Los motivos están relacionados con las mejoras que conllevan^{158,166,224} y el hecho de investigar más sobre las posibilidades que ofrece esta metodología de entrenamiento en el rendimiento.
- Se han desarrollado ejercicios unilaterales y bilaterales ya que ambos han mostrado su eficacia a la hora de incrementar los niveles de fuerza muscular. Los estímulos unilaterales pueden mejorar los niveles de fuerza bilateral y viceversa²²⁶.
- En cuanto al orden de los ejercicios se ha pretendido establecer una secuencia comenzando por los ejercicios denominados “grupos musculares grandes”, seguidos de los ejercicios que impliquen “grupos musculares pequeños”^{191,236,237,238}.
- Como son deportistas que no tienen experiencia en el ámbito del entrenamiento con resistencias, se intentó alternar ejercicios de los miembros superiores con los del tren inferior, debido a que podría ser muy exigente repetir una secuencia con ejercicios que impliquen la

participación de los mismos grupos musculares^{191,237}. Este aspecto favorece una mayor recuperación entre ejercicios de las mismas extremidades, reduciendo el tiempo total de entrenamiento y contribuyendo a mejorar la resistencia cardiovascular²³⁹.

- También se ha utilizado la metodología denominada de “superseries”. Nos permiten realizar una serie de dos ejercicios consecutivos sin o con muy poco descanso entre ellos. En las superseries se pautan dos ejercicios seguidos de dos músculos o grupos musculares opuestos (agonista/antagonista)^{236,238}.
- Otro factor que se ha valorado es el de equilibrio muscular. Se ha procurado establecer un programa de entrenamiento que abarque el mayor nº de grupos musculares posibles, e impliquen a la mayoría de las articulaciones que conforman nuestro aparato locomotor. El objetivo es evitar algún tipo de descompensación muscular.
- Otro de los puntos acometidos en la elección de los ejercicios tiene que ver con la accesibilidad técnica de los mismos, es decir, que no presenten una dificultad técnica muy elevada para los participantes del estudio, por dos motivos principalmente: prevenir cualquier tipo de lesión asociada a una mala ejecución técnica y conseguir los objetivos propuestos en el programa.

vi. Frecuencia de entrenamiento.

En el diseño del programa de entrenamiento se pretendió que los participantes

desarrollaran el mínimo de sesiones semanales, a partir de las cuales se pueden obtener beneficios en el desarrollo de la condición física y salud, en sujetos con características similares a los de nuestros grupos de estudio^{187,265,266,267}. En este programa en concreto, 3 sesiones semanales.

5.2.2 Los programas de entrenamiento. Resistencia Tradicional Vs Inestabilidad.

Para cada programa de entrenamiento se pautaron 2 rutinas diferentes de 8 ejercicios, cada una en las condiciones que se han definido anteriormente. Estas rutinas se fueron alternando semanalmente hasta completar las siete semanas de entrenamiento.

Se intentaron respetar los principios del entrenamiento de la repetición y variedad de los estímulos. Otra de las normas establecidas es que los ejercicios fueran similares a pesar de las diferencias existentes entre los ejercicios con pesos libres/máquinas VS. TRX®/Bosu®. Es decir, se entrenaron los mismos grupos musculares imitando las posiciones corporales en la medida de lo posible.

En la tabla 4.9.12 (Anexos 3 y 4) se distribuyen los ejercicios de cada una de las rutinas, comparando ambos programas de entrenamiento.

Los 8 ejercicios seleccionados en cada rutina se realizaban con la metodología de entrenamiento en circuito. De cada ejercicio se ejecutaban 3 series de 15 repeticiones con las pautas establecidas tal y como se detalló previamente.

Los participantes indicaban la RPE de cada ejercicio al finalizar cada serie, y del

global de la sesión al finalizar la misma.

Tabla 4.9.12. Ejercicios realizados en ambos programas de entrenamiento

Rutina 1		
Orden	Ejercicios tradicional	Ejercicios de inestabilidad
Ejercicio 1	Polea dorsal	Dorsal TRX
Ejercicio 2	Steps mancuernas	Steps bosu/ mancuernas
Ejercicio 3	Press inclinado	Push up inclinado TRX
Ejercicio 4	Subidas al banco lateral	Subidas step laterales bosu
Ejercicio 5	Press hombro mancuernas	Press hombro gomas bosu
Ejercicio 6	Arrancada y cargada	Sentadilla y cargada TRX
Ejercicio 7	Bíceps Mancuernas	Bíceps TRX
Ejercicio 8	Tríceps polea alta	Tríceps TRX
Rutina 2		
Orden	Ejercicios tradicional	Ejercicios de inestabilidad
Ejercicio 1	Remo polea baja	Remo TRX
Ejercicio 2	Steps con abducciones	TRX Pasos laterales
Ejercicio 3	Push up declinado	Push up con bosu
Ejercicio 4	Subidas a banco unilateral	Flexiones rodilla unil. TRX
Ejercicio 5	Hombro/trapezio	Hombro/trapezio TRX
Ejercicio 6	Sentadilla barra	Sentadilla balón bosu
Ejercicio 7	Tríceps polea alta	Tríceps TRX
Ejercicio 8	Bíceps barra polea	Bíceps TRX

6. TÉCNICAS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se observó la homogeneidad de varianzas en las variables iniciales aplicando los estadísticos de Levene y se comprobó la distribución normal aplicando el test de Kolmogorov-Smirnov.

Seguidamente se procedió a analizar el efecto de ambos programas de entrenamiento, aplicando un ANOVA de dos factores con medidas repetidas en uno de ellos. Por tanto, se estableció un factor inter-sujetos con un grupo en cada nivel (GI, GT, GC) y un factor intra-sujetos con la variable “tiempo” en 2

niveles (PRE y POS), analizando también el efecto de la interacción grupo x tiempo (GxTi). En caso de producirse diferencias significativas en la interacción GxTi ($p < 0.05$), se realizaron pruebas de ANOVA de un factor con Post-Hoc de Tukey, para comparar los cambios producidos entre los tratamientos aplicados. En caso de no resultar las variables homogéneas ($p < 0.05$) se hizo una prueba ANOVA no paramétrica (Kruskall-Wallis).

También se procedió a analizar en qué grado o medida se produjo la diferencia, es decir, la magnitud real de los efectos del entrenamiento o relevancia de la diferencia encontrada. Para ello, se calculó el tamaño del efecto (ES) utilizando los descriptores cualitativos de Cohen (1988)⁴⁶¹, pequeños < 0.41 , moderados $0.41-0.7$ y grandes > 0.7 . Una vez definido el ES se procedió a calcular la potencia estadística (SP) ($1 - \beta \geq 0.8$), con el fin de determinar el grado de probabilidad de demostrar estadísticamente la efectividad de los programas de entrenamiento .

También se calcularon los porcentajes de mejora con la siguiente fórmula ($[(\text{pos} - \text{pre})/\text{pre}] \times 100$). El efecto de la magnitud, que representa la diferencia entre medias de las variables dependientes, fue calculado usando la fórmula: magnitud = postmedia – premedia. Para ello se realizaron pruebas de ANOVA de un factor con Post-Hoc de Tukey para ver los cambios existentes entre los grupos. En caso de no resultar las variables homogéneas ($p < 0.05$) se efectuaba una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Para comprobar las diferencias entre los resultados cosechados antes de iniciar

el programa de entrenamiento (PRE) y una vez finalizado (POS), se aplicó la t-student en GI, GT y GC.

Se analizó la relación existente en la RPE de los ejercicios de ambos programas de entrenamiento aplicando una regresión lineal.

Todos los datos se expresaron como media (\bar{X}) y desviación estándar (SD). El nivel de significación estadística concretado fue de $p < 0.05$. En el análisis de todas las pruebas se usó el programa informático SSPS versión 17.0 (SPSS, Chicago, Ill) y la hoja de cálculo Excel en la versión Office 2010.

SECCIÓN V

RESULTADOS

CAPÍTULO X: VARIABLES CARDIORRESPIRATORIAS

Los resultados obtenidos en las variables cardiorrespiratorias evaluadas, relativos a los valores máximos, se detallan en la tabla 5.10.1. A continuación se comentan los más destacados.

Tabla 5.10.1. Resultados variables cardiorrespiratorias en valores máximos. †

Variable	Grupo	Pre	Pos	P en Grupo	P en GxTi ES/SP	P en Ti ES/SP		
VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	GI	51.49 ± 7.02	52.43 ± 5.78	0.285	0.606	0.709		
	GT	54.07 ± 6.05	53.92 ± 6.00				0.032/0.126	0.005/0.065
	GC	50.50 ± 3.43	50.30 ± 3.32					
FC _{max} (lpm)	GI	192.3 ± 7.71	189.6 ± 8.64	0.840	0.204	0.001*		
	GT	192.3 ± 10.07	188.3 ± 12.50				0.098/0.326	0.309/0.950
	GC	193.0 ± 9.51	192.1 ± 8.12					
V _{max} (km·h ⁻¹)	GI	15.8 ± 1.92	16.7 ± 1.79	0.116	0.003*	0.001*		
	GT	16.8 ± 1.38	17.0 ± 1.25				0.320/0.912	0.321/0.960
	GC	15.8 ± 1.30	15.8 ± 1.14					
RER _{max}	GI	1.20 ± 0.04	1.20 ± 0.06	0.883	0.811	0.852		
	GT	1.20 ± 0.05	1.21 ± 0.05				0.013/0.08	0.001/0.054
	GC	1.20 ± 0.06	1.20 ± 0.06					

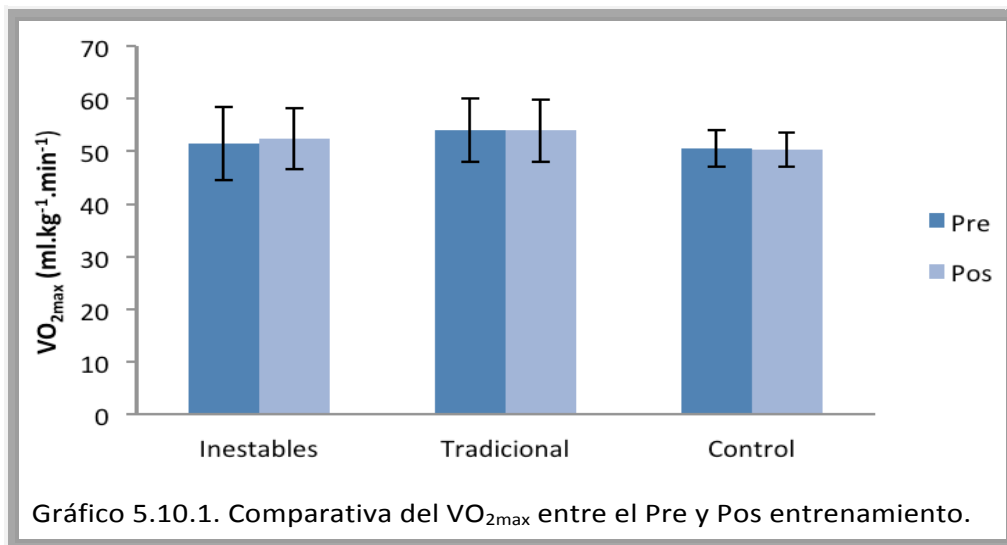
ES = tamaño del efecto; FC_{max} = frecuencia cardiaca máxima; GC = control; GI = inestable; GT = tradicional GxTi = grupo x tiempo; h = hora; kg = kilogramo; km = kilómetros; lpm = latidos por minuto; min = minutos; ml = mililitros; Pos = posttest; Pre = pretest; RER_{max} = tasa de intercambio respiratorio máxima; SP = potencia estadística; Ti = tiempo; V_{max} = velocidad máxima; VO_{2max} = consumo máximo de oxígeno; † = Valores dados como medias ± SD ; * = diferencias significativas; p<0.05.

Las evaluaciones realizadas en las pruebas incrementales (pre/pos test) fueron consideradas máximas, ya que se cumplieron los siguientes criterios de

maximalidad:

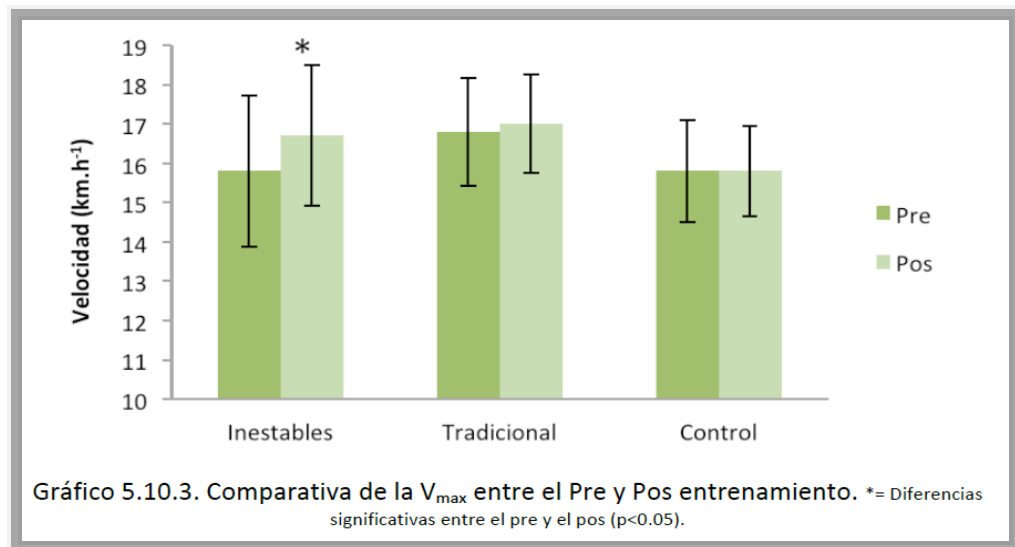
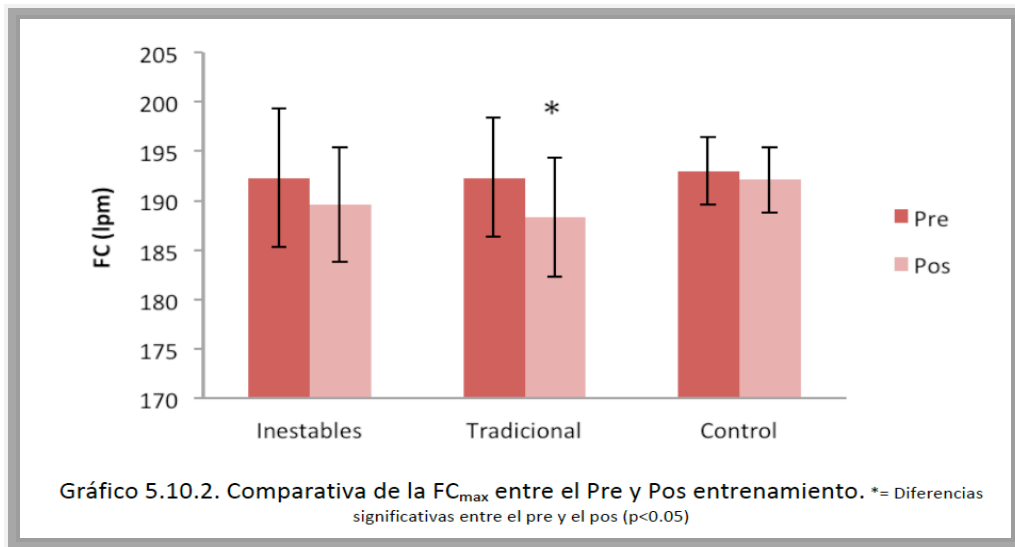
- La tasa de intercambio respiratorio (RER) supera en todos los grupos PRE y POS 1.20, considerándose criterio de maximidad 1.15.
- La FC_{max} obtenida en las pruebas de esfuerzo superó el 95% FC_{max} teórica en todos los grupos PRE y POS.
- Niveles de lactato en sangre superior a 8 mM.

El efecto del entrenamiento en los grupos experimentales no incrementó el VO_{2max} después de las 7 semanas de entrenamiento ($F=0.142$; $p=0.709$) (Gráfico 5.10.1). En la FC_{max} se hallaron pequeñas diferencias y significativas en el factor Ti ($F=13.855$; $p=0.001$; $ES=0.309$) (Gráfico 5.10.2), no encontrándose variaciones entre grupos y en la interacción GxTi.



En la variable velocidad (V_{max}) se obtuvieron mínimas diferencias y significativas en el factor Ti ($F=14.683$; $p=0.001$; $ES=0.321$) (Gráfico 5.10.3) y en el factor GxTi

($F=7.278$; $p=0.003$; $ES=0.320$).



En cuanto al análisis del efecto de la magnitud (Tabla 5.10.2), sólo se produjeron incrementos significativos en la V_{max} en el GI (5.7%), con respecto al GC ($p=0.002$) y GT ($p=0.047$).

Tabla 5.10.2. Efecto de la magnitud en las variables cardiorrespiratorias máximas. †

Grupos	VO _{2max} Pos – Pre ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	(%)	FC _{max} Pos – Pre lpm	(%)	V _{max} Pos-Pre (km.h ⁻¹)	(%)
Inestables	0.94 ± 3.73	1.83	-2.75 ± 4.5	-1.4	0.83 ± 0.65	5.7* [∅]
Tradicional	-0.15 ± 3.89	-0.28	-4 ± 5.08	-2.08	0.25 ± 0.63	1.19
Control	-0.19 ± 0.65	-0.4	-0.91 ± 1.88	-0.5	0.0 ± 0.3	0

FC_{max} = frecuencia cardiaca máxima; h = hora; kg = kilogramo; km = kilómetros; lpm = latidos por minuto; min = minuto; ml = mililitros; Pos = posttest; Pre = pretest; V_{max} = velocidad máxima; VO_{2max} = consumo máximo de oxígeno; [†]Valores dados como medias ± SD; * = diferencias significativas entre grupos Inestable y control; [∅] = diferencias significativas entre grupos Inestables y tradicional; p<0.05.

En cuanto a los resultados submáximos en VT₁ (Tabla 5.10.3), se reduce significativamente el VO₂ a VT₁ al finalizar los programas de entrenamiento (Gráfico 5.10.4), siendo esta disminución más acentuada en el GT (F=5.401; p=0.027; ES=0.148).

Se encontraron diferencias significativas en el %VO_{2max} a VT₁ para el factor Ti (F=6.469; p=0.016; ES=0.173), disminuyendo levemente después del periodo de entrenamiento (Gráfico 5.10.5).

También se produjo un descenso pequeño y significativo de la FC después del período de entrenamiento (Gráfico 5.10.6) tanto en el factor Ti (F=12.777; p=0.001; ES=0.292) como en la Interacción GxTi (F=4.718; p=0.016; ES=0.233), sin hallarse alteraciones significativas entre grupos (F=1.279; p=0.293).

En cuanto al análisis del efecto de la magnitud en VT₁ (Tabla 5.10.4), se encontró una reducción significativa en la variable Pos FC – Pre FC (Chi²₁= 9.35; p=0.009), concretamente en el GT (-8.43%) con respecto al GC (p<0.05).

Tabla 5.10.3. Resultados variables cardiorrespiratorias a VT₁. †

Variable	Grupo	Pre	Pos	P en Grupo	P en GxTi ES/SP	P en Ti ES/SP		
VO ₂ a VT ₁ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	GI	30.4 ± 6.66	29.3 ± 5.26	0.193	0.093	0.027*		
	GT	34.5 ± 7.18	29.8 ± 4.67				0.142/0.474	0.148/0.615
	GC	28.7 ± 2.77	28.6 ± 2.78					
VT ₁ % VO ₂ máx	GI	58.7 ± 7.02	55.9 ± 7.48	0.504	0.085	0.016*		
	GT	63.9 ± 8.00	55.6 ± 8.25				0.147/0.490	0.173/0.693
	GC	57.1 ± 6.45	57.0 ± 6.44					
FC a VT ₁ (lpm)	GI	145.0 ± 11.93	139.6 ± 10.25	0.293	0.016*	0.001*		
	GT	153.1 ± 15.84	140.2 ± 14.38				0.233/0.748	0.292/0.933
	GC	146.7 ± 12.21	146.8 ± 11.98					
VE·VO ₂ ⁻¹ a VT ₁	GI	22.1 ± 2.61	22.2 ± 2.25	0.762	0.947	0.702		
	GT	21.6 ± 1.78	21.8 ± 1.32				0.003/0.057	0.005/0.066
	GC	22.3 ± 2.23	22.3 ± 2.22					
V a VT ₁ (km·h ⁻¹)	GI	8.8 ± 1.34	8.8 ± 1.45	0.384	0.130	0.222		
	GT	9.4 ± 1.26	8.8 ± 1.03				0.123/0.412	0.048/0.227
	GC	8.4 ± 0.87	8.5 ± 0.78					
VE a VT ₁ (l·min ⁻¹)	GI	49.9 ± 10.76	49.8 ± 13.00	0.895	0.149	0.141		
	GT	53.5 ± 10.29	46.9 ± 7.53				0.116/0.386	0.069/0.311
	GC	48.6 ± 8.28	48.5 ± 8.29					
RER a VT ₁	GI	0.87 ± 0.06	0.89 ± 0.08	0.649	0.743	0.471		
	GT	0.88 ± 0.03	0.89 ± 0.05				0.019/0.093	0.017/0.109
	GC	0.86 ± 0.06	0.86 ± 0.06					

ES = tamaño del efecto; FC = frecuencia cardiaca; GC = control; GI = inestable; GT = tradicional; GxTi = grupo x tiempo; h = hora; kg = kilogramo; km = kilómetros; l = litros; lpm = latidos por minuto; min = minuto; ml = mililitros; Pos = posttest; Pre = pretest; RER = tasa de intercambio respiratorio; SP = potencia estadística; Ti = tiempo; V = velocidad; VE = ventilación; VE·VO₂ = equivalentes ventilatorios; VO₂ = consumo de oxígeno; VO₂máx = consumo máximo de oxígeno; VT₁ = primer umbral ventilatorio; †Valores dados como medias ± SD ; * = diferencias significativas; p<0.05.

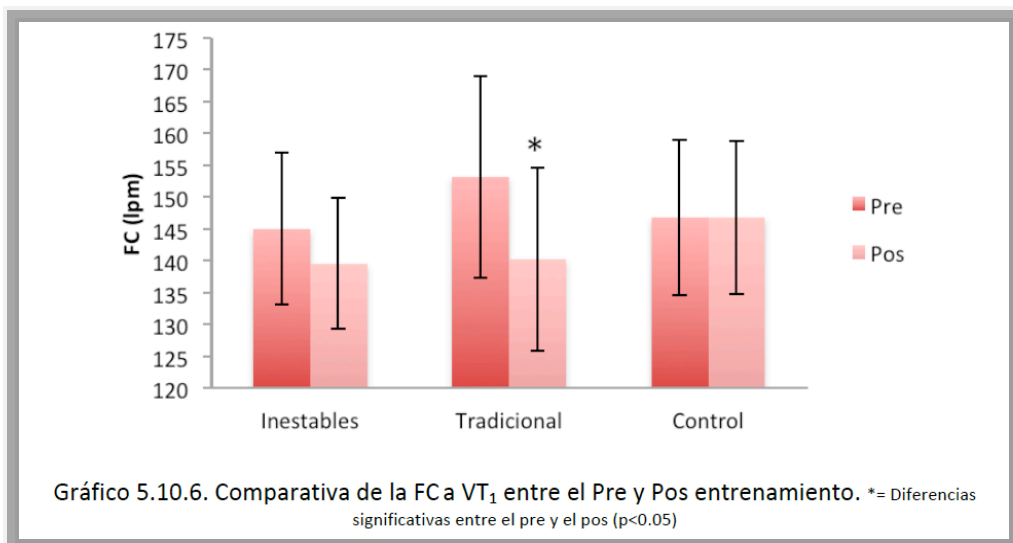
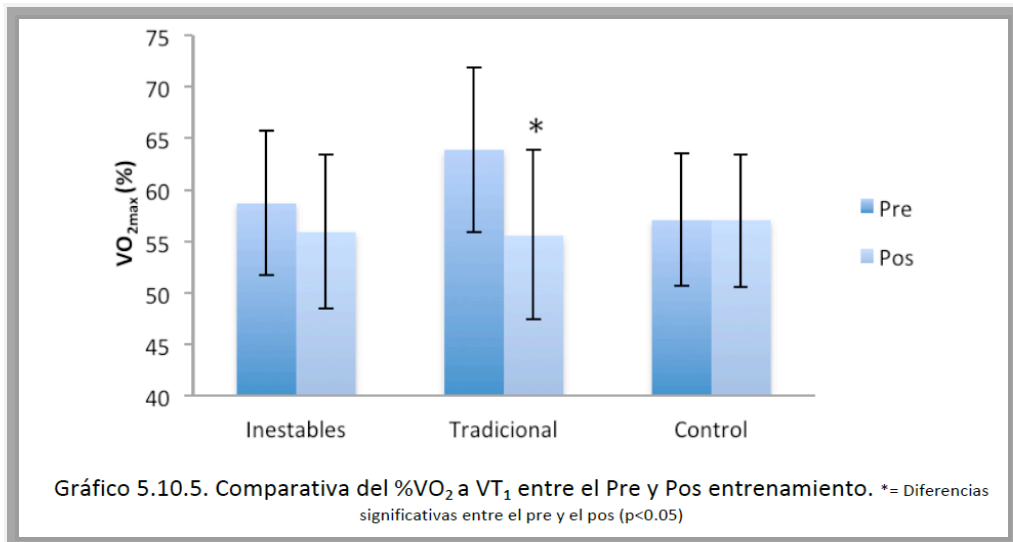
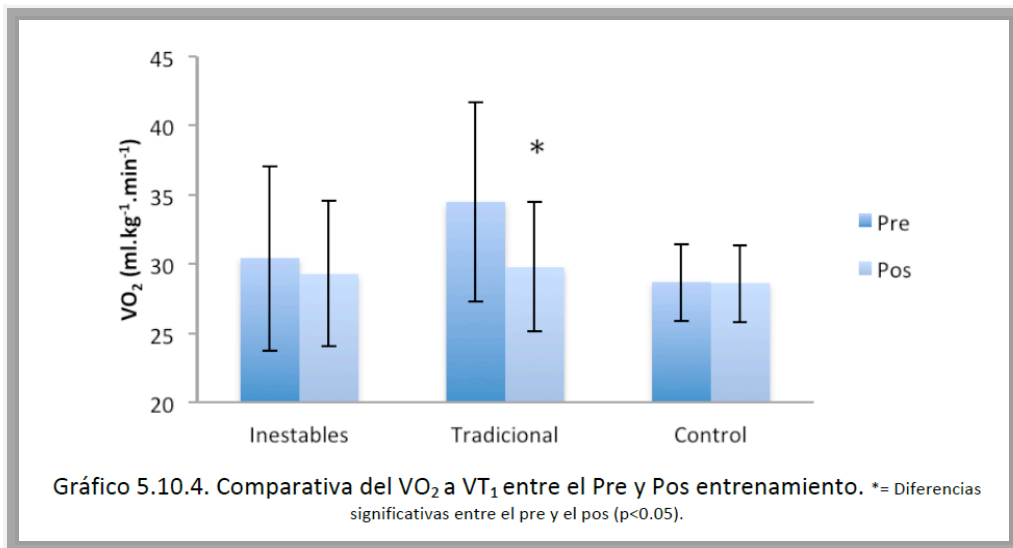


Tabla 5.10.4. Efecto de la magnitud en las variables cardiorrespiratorias en VT₁ †

Grupos	VO ₂ Pos – Pre ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	(%)	FC Pos – Pre lpm	(%)	V Pos-Pre (km.h ⁻¹)	(%)
Inestables	-1.13 ± 5.59	-3.62	-5.42 ± 8.8	-3.72	0.04 ± 0.81	0.45
Tradicional	-4.7 ± 6.74	-13.37	-12.9 ± 15.52 [‡]	-8.43	-0.65 ± 1.31	-6.38
Control	-0.09 ± 0.34	-0.35	0.08 ± 0.67	0.07	0.04 ± 0.33	0.45

FC = frecuencia cardiaca; h = hora; kg = kilogramo; km = kilómetro; lpm = latidos por minuto; min = minuto; ml = mililitros; Pos = postest; Pre = pretest; V = velocidad; VO₂ = consumo de oxígeno; VT₁ = primer umbral ventilatorio; † Valores dados como medias ± SD; ‡ = diferencias entre grupos tradicional y control; p<0.05.

Con respecto al análisis de las variables en VT₂ (Tabla 5.10.5), no se hallaron diferencias significativas en el VO₂ (Gráfico 5.10.7).

Sólo se originaron diferencias significativas en la FC en el factor Ti (F=6.501; p=0.016; ES=0.173) (Gráfico 5.10.8).

En el análisis del efecto de la magnitud en VT₂ (Tabla 5.10.6) no se observaron diferencias significativas. Pos VO₂ – Pre VO₂ (Chi²₁= 1.92; p=0.382); Pos FC – Pre FC (Chi²₁= 3.07; p=0.215); Pos V – Pre V (Chi²₁= 2.7; p=0.260).

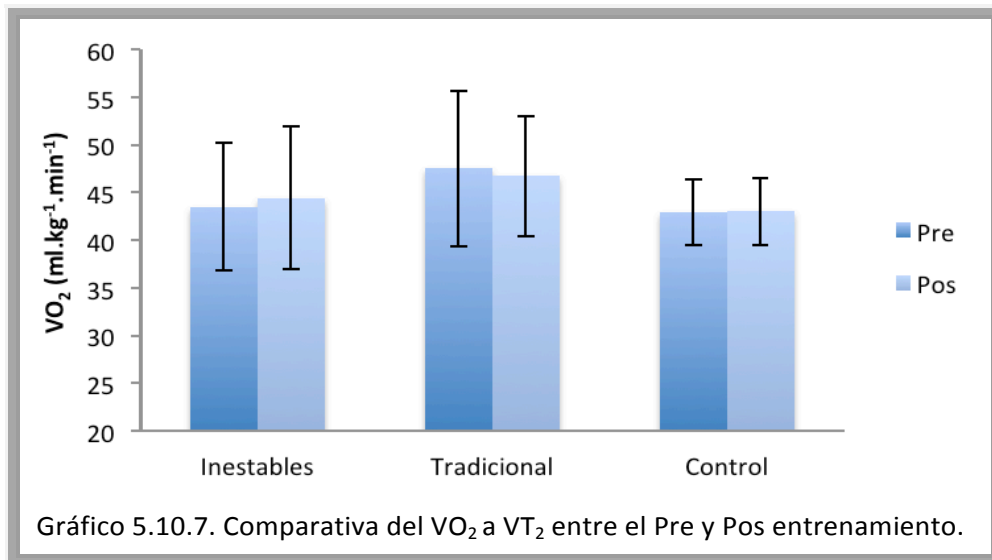


Tabla 5.10.5. Resultados variables cardiorrespiratorias a VT₂. †

Variable	Grupo	Pre	Pos	P en Grupo	P en GxTi ES/SP	P en Ti ES/SP		
VO ₂ a VT ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	GI	43.5 ± 6.68	44.4 ± 7.50	0.228	0.652	0.950		
	GT	47.5 ± 8.11	46.7 ± 6.27				0.027/0.114	0/0.050
	GC	42.9 ± 3.42	43.0 ± 3.48					
VT ₂ % VO _{2max}	GI	84.4 ± 6.68	84.3 ± 7.11	0.314	0.857	0.655		
	GT	88.1 ± 6.01	86.7 ± 6.71				0.01/0.072	0.007/0.072
	GC	83.9 ± 5.97	83.9 ± 5.98					
FC a VT ₂ (lpm)	GI	178.3 ± 8.19	172.3 ± 13.00	0.793	0.176	0.016*		
	GT	180.2 ± 12.09	176.1 ± 11.54				0.106/0.353	0.173/0.695
	GC	175.9 ± 10.38	175.8 ± 9.96					
VE·VO ₂ ⁻¹ a VT ₂	GI	25.4 ± 2.31	25.8 ± 2.00	0.416	0.691	0.298		
	GT	26.0 ± 2.40	26.7 ± 2.00				0.024/0.105	0.035/0.177
	GC	26.8 ± 2.63	26.7 ± 2.62					
V a VT ₂ (km·h ⁻¹)	GI	12.5 ± 2.0	13.0 ± 1.98	0.079	0.473	0.181		
	GT	13.2 ± 2.01	13.5 ± 1.73				0.047/0.169	0.057/0.264
	GC	11.8 ± 0.89	11.7 ± 1.03					
VE a VT ₂ (l·m ⁻¹)	GI	83.5 ± 16.84	86.1 ± 18.7	0.738	0.852	0.456		
	GT	88.4 ± 19.18	90.3 ± 16.11				0.10/0.073	0.018/0.113
	GC	85.3 ± 11.69	85.2 ± 11.71					
RER a VT ₂	GI	1.04 ± 0.07	1.03 ± 0.07	0.505	0.494	0.658		
	GT	1.03 ± 0.05	1.06 ± 0.04				0.045/0.161	0.006/0.072
	GC	1.02 ± 0.05	1.02 ± 0.06					

ES = tamaño del efecto; FC = frecuencia cardiaca; GC = control; GI = inestable; GT = tradicional; GxTi = grupo x tiempo; h = hora; kg = kilogramo; km = kilómetros; l = litros; lpm = latidos por minuto; min = minuto; ml = mililitros; Pos = posttest; Pre = pretest; RER = tasa de intercambio respiratorio; SP = potencia estadística; Ti = tiempo; V = velocidad; VE = ventilación; VE·VO₂ = equivalente ventilatorio; VO₂ = consumo de oxígeno; VO_{2max} = consumo máximo de oxígeno; VT₂ = segundo umbral ventilatorio; †Valores dados como medias ± SD ; * = diferencias significativas; p<0.05.

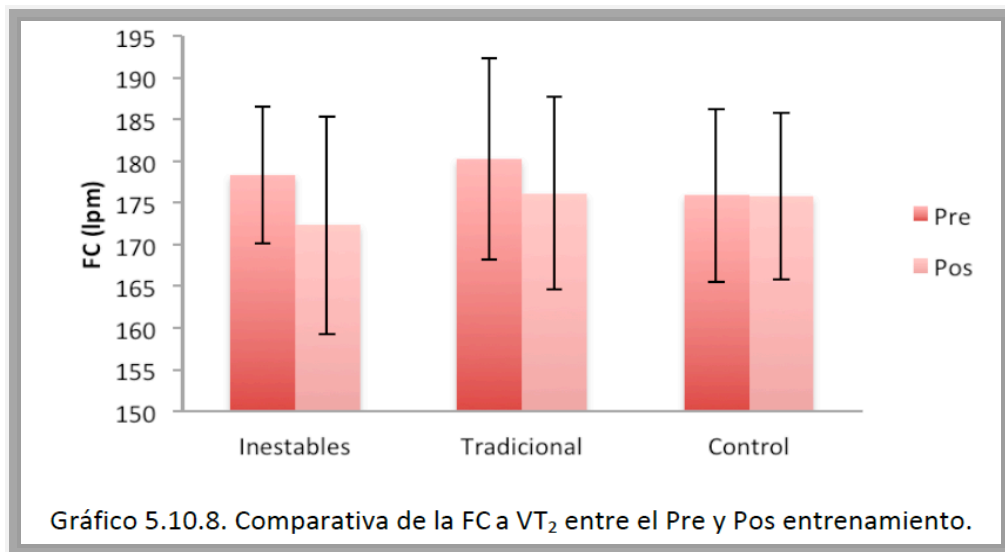


Tabla 5.10.6. Efecto de la magnitud en las variables cardiorrespiratorias en VT₂ †

Grupos	VO ₂ Pos – Pre ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	(%)	FC Pos – Pre lpm	(%)	V Pos-Pre (km.h ⁻¹)	(%)
Inestables	0.95 ± 5.69	2.06	-6.08 ± 11.9	-3.36	0.48 ± 1.35	4
Tradicional	-0.79 ± 5.19	-1.68	-4.1 ± 5.99	-2.27	0.3 ± 1.16	2.27
Control	-0.02 ± 0.20	0.23	-0.08 ± 0.67	-0.05	-0.04 ± 0.33	-0.85

FC = frecuencia cardíaca; h = hora; kg = kilogramo; km = kilómetro; lpm = latidos por minuto; min = minuto; ml = mililitros; Pos = posttest; Pre = pretest; V = velocidad; VO₂ = consumo de oxígeno; VT₂ = segundo umbral ventilatorio; † Valores dados como medias ± SD; p<0.05.

CAPÍTULO XI: VARIABLES DE LA CAPACIDAD DE SALTO Y FUERZA

1. RESULTADOS DE LA CAPACIDAD DE SALTO.

Los resultados obtenidos después de las 7 semanas de entrenamiento se reflejan en la tabla 5.11.1.

Tabla 5.11.1 Resultados de las variables de la capacidad de salto. †

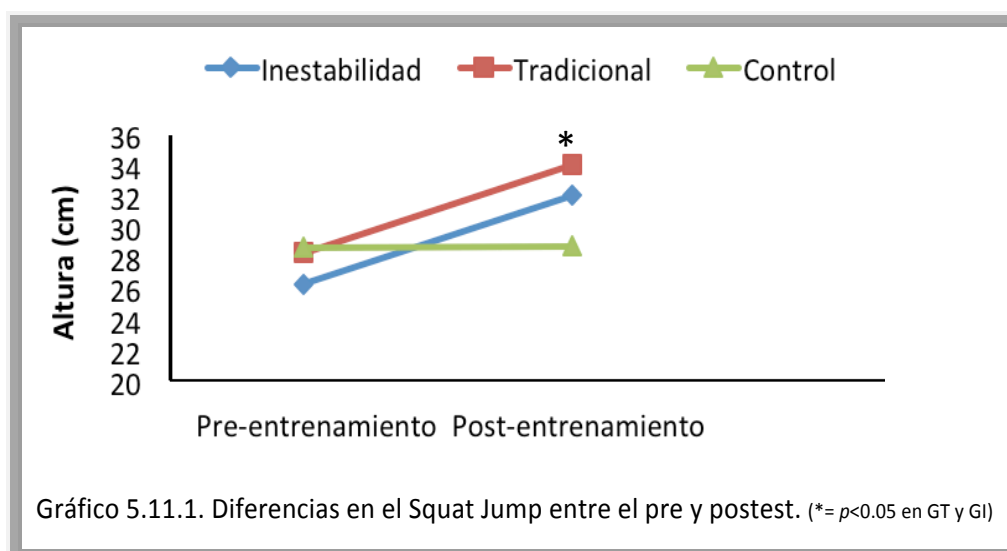
Variable	Grupo	Pre	Pos	P en Grupo	P en GxTi ES/SP	P en Ti ES/SP
SJ (cm)	GI	26.3 ± 4.7	32.1 ± 5.4	0.059	<0.001*	<0.001*
	GT	28.3 ± 6.2	34.0 ± 5.2		0.6/1.0	0.8/1.0
	GC	28.6 ± 4.5	28.8 ± 4.6			
CMJ (cm)	GI	31.7 ± 5.6	37.3 ± 6.3	0.079	<0.001*	<0.001*
	GT	34.2 ± 7.0	39.4 ± 6.3		0.5/0.999	0.7/1.0
	GC	33.8 ± 4.2	33.9 ± 4.3			

cm = centímetros; CMJ = counter movement jump; ES = tamaño del efecto; GC = grupo control; GI = grupo inestable; GT = grupo tradicional; GxTi = grupo x tiempo; Pos = posttest; Pre = pretest; SJ = squat jump; SP = potencia estadística; Ti = tiempo; †Valores dados como medias ± SD ; * = diferencias significativas; $p < 0.05$.

Se evidenciaron mejoras en las variables de capacidad de salto para los factores Ti y la Interacción GxTi. Concretamente en el SJ (Gráfico 5.11.1) se encontraron incrementos importantes (ES=0.8) y significativos en los factores Tiempo (F=101.12; $p < 0.001$) y GxTi (F=24.7; $p < 0.001$; ES=0.6). Al observar diferencias en la interacción se realizaron pruebas de ANOVA de un factor en el POS, con Post-Hoc de Tukey, para comparar las variaciones entre los entrenamientos aplicados a los GI, GT y GC. No se hallaron diferencias significativas entre grupos ($F_1=3.104$;

$p=0.059$), aunque sí se muestra una tendencia a la significación estadística entre el GT y el GC ($p=0.053$).

En el CMJ (Gráfico 5.11.2) se produjeron aumentos considerables y significativos en el factor Ti ($F=69.0$; $p<0.001$; $ES=0.7$) y en la Interacción GxTi ($F=17.4$; $p<0.001$; $ES=0.5$). Sin embargo, no se produjeron cambios entre grupos ($F_1=2.755$; $p=0.079$), aunque sí hubo una tendencia a la significación estadística entre GT y GC ($p=0.071$).



Otros de los aspectos que se han valorado es el efecto de la magnitud entre la diferencia de medias y los porcentajes de mejora. Se verificaron diferencias significativas entre los grupos experimentales y el grupo control (Tabla 5.11.2).

En el SJ (Gráfico 5.11.3) se han reflejado unos incrementos de mejora del 22% en el GI, 20% en el GT y un 0.7% en el GC, en las variables de $Pos\ SJ - Pre\ SJ$ ($\chi^2_{1}=22.65$; $p<0.001$). Para ello se realizó una prueba no paramétrica (Kruskall Wallis) debido a que las varianzas no fueron homogéneas.

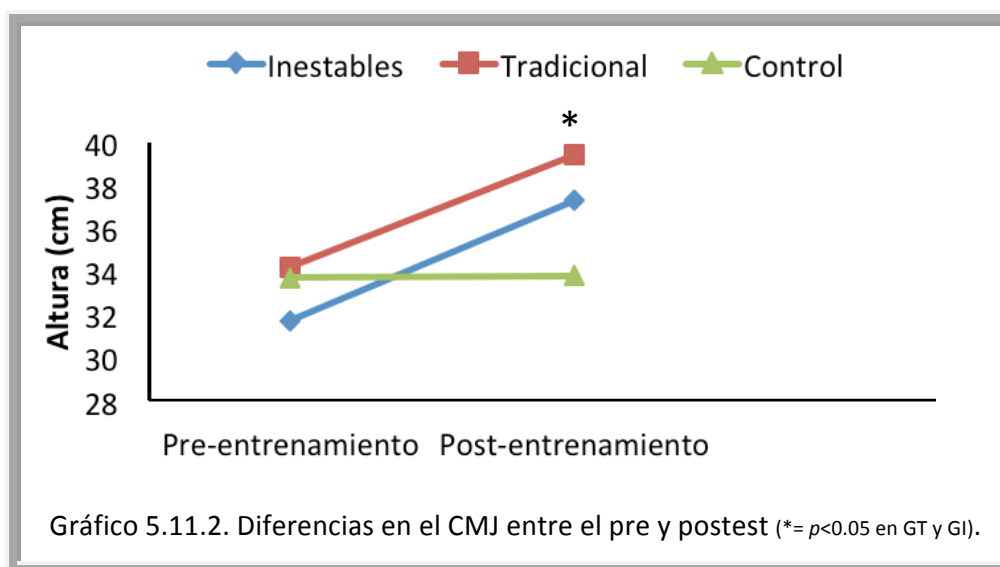
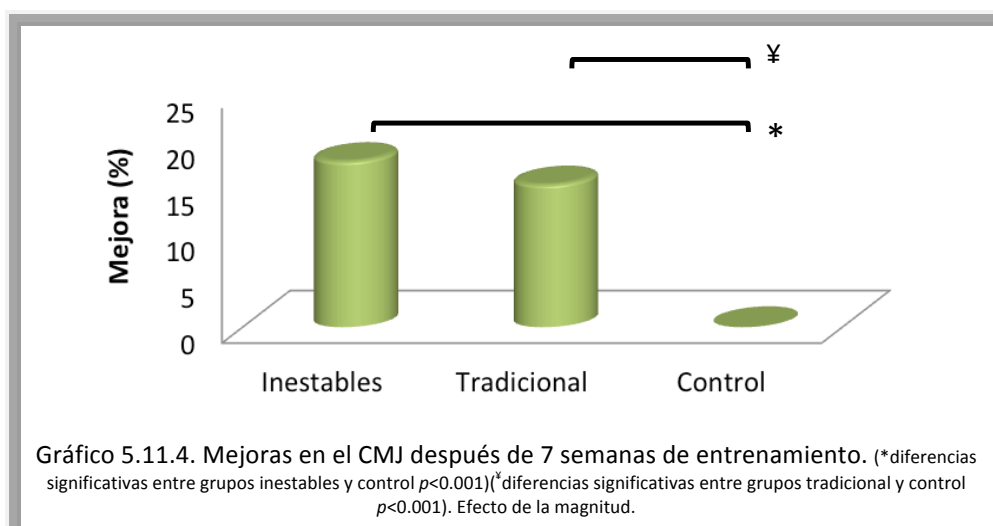
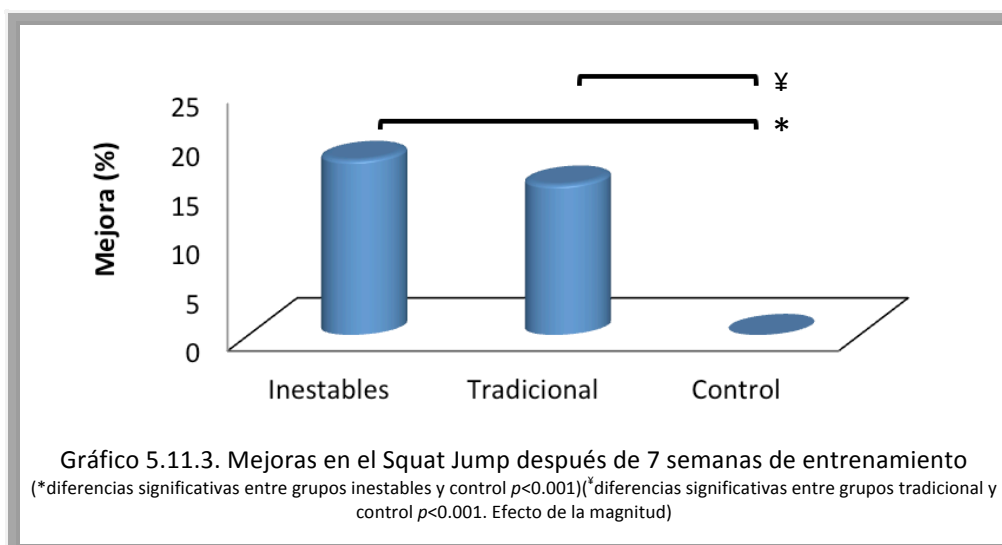


Tabla 5.11.2. Efecto de la magnitud del SJ y CMJ. †

Grupos	Pos SJ– Pre SJ (cm)	Mejora (%)	Pos CMJ– Pre CMJ (cm)	Mejora (%)
Inestables	5.84 ± 2.34*	22	5.61 ± 3.13*	17.7
Tradicional	5.76 ± 3.28 [‡]	20	5.24 ± 3.21 [‡]	15.2
Control	0.1 ± 0.17	0.7	0.07 ± 0.16	0.3

cm = centímetros; CMJ = counter movement jump; Pos = posttest; Pre = pretest; SJ = squat jump; †Valores dados como medias ± SD ; * = diferencias entre grupos inestable y control; ‡ = diferencias entre grupos tradicional y control; $p < 0.001$.

Con respecto al CMJ también se observó un porcentaje de mejora significativo en ambos grupos experimentales con respecto al GC para la variable *Pos CMJ – Pre CMJ* ($\chi^2_1 = 18.76$; $p < 0.001$). Exactamente un 17.7% en el GI, 15.2% en el GT y 0.3% en el GC (Gráfico 5.11.4). Aunque los porcentajes de progreso fueron ligeramente superiores en el GI con respecto al GT en todas las variables, no hubo diferencias significativas entre ambos.



2. RESULTADOS DE LA FUERZA.

2.1 Sentadilla Completa.

La tabla 5.11.3 muestra los resultados de los test de fuerza (RM), potencia y velocidad de movimiento en el ejercicio de SC en la máquina Smith. A continuación se comentan los más interesantes.

Tabla 5.11.3. Resultados de los test realizados en el ejercicio SC. †

Variable	Grupo	Pre	Pos	P en Grupo	P en GxTi ES/SP	P en Ti ES/SP
1 RM	GI	83.08 ± 13.84	93.91 ± 17.37	0.034*	0.002*	0.000*
SC (kg)	GT	85.80 ± 26.16	96.60 ± 21.32		0.3/0.935	0.5/0.999
	GC	78.91 ± 12.79	78.41 ± 12.09			
SC VM (m.s ⁻¹)	GI	0.95 ± 0.15	1.05 ± 0.16	0.062	0.000*	0.000*
	GT	0.96 ± 0.19	1.05 ± 0.18		0.3/0.991	0.4/1.0
	GC	0.95 ± 0.14	0.95 ± 0.14			
SC VP (m.s ⁻¹)	GI	1.52 ± 0.23	1.65 ± 0.23	0.104	0.005*	0.000*
	GT	1.57 ± 0.30	1.64 ± 0.24		0.2/0.850	0.2/0.994
	GC	1.51 ± 0.24	1.52 ± 0.24			
SC PM (W)	GI	414.34 ± 68.71	457.79 ± 69.86	0.029*	0.000*	0.000*
	GT	417.52 ± 81.29	456.42 ± 80.48		0.3/0.990	0.2/0.975
	GC	422.1 ± 81.04	407.88 ± 71.30			
SC PP (W)	GI	811.69 ± 170.1	969.33 ± 188.2	0.014*	0.005*	0.000*
	GT	832.56 ± 208.8	1018.26 ± 289.5		0.2/0.845	0.3/1.0
	GC	815.7 ± 167.2	835.37 ± 167.1			

1RM = 1 repetición máxima; ES = tamaño del efecto; GC = control; GI = inestable; GT = tradicional; GxTi = grupo x tiempo; kg = kilogramo; m.s⁻¹ = metros por segundo; PM= potencia media; Pos = posttest; PP = potencia pico; Pre = pretest; SC = sentadilla completa; SP = potencia estadística; Ti = tiempo; VM = velocidad media; VP = velocidad pico; W= vatios; † valores dados como medias ± SD; * = diferencias entre grupos; p<0.05.

Con respecto a la carga correspondiente al 1RM se obtuvieron incrementos moderados (ES=0.5) y estadísticamente significativos en el factor Ti (F= 26.81; p<0.001), y pequeños (ES=0.3) en la Interacción GxTi (F=7.96; p=0.002). Al aplicar

ANOVA de un factor en el momento POS, únicamente se verificaron diferencias significativas entre el GT y GC ($F=3.797$; $p=0.047$), sin encontrarse variaciones entre ambos grupos experimentales. Hubo una tendencia a la significación estadística entre el GI y GC ($F=3.797$; $p=0.083$).

En cuanto a la VM se hallaron incrementos moderados ($ES=0.42$) y significativos estadísticamente en el factor Ti ($F=46.06$; $p<0.001$; $ES=0.42$) y leves ($ES=0.3$) en la interacción GxTi ($F=11.39$; $p<0.001$).

En la VP se produjeron pequeños incrementos (GI=8.6% y GT=4.5%) y significativos en el tiempo ($F=20.53$; $p<0.001$; $ES=0.2$) y en la interacción G x Ti ($F=5.74$; $p=0.005$; $ES=0.2$).

En la PM se observaron aumentos leves ($ES=0.2$) y significativos en el factor Ti ($F=15.83$; $p<0.001$), y en la interacción G x Ti ($F=11.15$; $p<0.001$; $ES=0.3$). Al aplicar ANOVA de un factor en el posttest se encontraron diferencias significativas entre grupos ($F=3.73$; $p=0.029$), concretamente entre el GT y GC ($p=0.047$). Hubo una tendencia a la significación estadística entre el GI y GC ($p=0.069$).

En la variable PP se hallaron diferencias significativas en el factor Ti ($F=30.51$; $p<0.001$; $ES=0.3$), y en la interacción G x Ti ($F=5.66$; $p<0.001$; $ES=0.2$). Al realizar el ANOVA de un factor en el posttest se descubrieron cambios significativos entre grupos ($F=4.6$; $p=0.014$), exactamente entre el GT y GC ($p=0.013$).

En cuanto al efecto de la magnitud en la SC se siguieron los mismos criterios que

para los saltos (Tablas 5.11.4 y 5.11.5).

Una vez finalizado el programa de entrenamiento, la fuerza de las extremidades inferiores (RM) aumentó un 13% en el GI, 12.6% en el GT, disminuyendo un 0.63% en el GC, en las variables de *Pos RM – Pre RM* ($\text{Chi}^2_1= 13.32$; $p=0.001$). Para ello se efectuó una prueba no paramétrica (Kruskall Wallis) porque las varianzas no fueron homogéneas. También se observó un porcentaje de mejora significativo en ambos grupos experimentales con respecto al GC para la variable *Pos VM – Pre VM* ($\text{Chi}^2_1= 12.51$; $p=0.002$), incrementándose la VM un 10.5% en el GI y un 9.4% en el GT. La variable VP aumentó un 8.6% en el GI, un 4.5% en el GT y 0.7% en el GC (*Pos VP – Pre VP*, $\text{Chi}^2_1= 7.4$; $p=0.025$).

Tabla 5.11.4 Efecto de la magnitud en la SC de las variables RM, VM y VP. †

Grupos	RM Pos – Pre (kg)	Mejora (%)	VM Pos– Pre (m.s ⁻¹)	Mejora (%)	VP Pos– Pre (m.s ⁻¹)	Mejora (%)
Inestables	10.83 ± 8.83*	13	0.1 ± 0.1*	10.5	0.15 ± 0.17*	8.6
Tradicional	10.80 ± 10.85 [‡]	12.6	0.1 ± 0.1 [‡]	9.4	0.1 ± 0.15	4.5
Control	-0.5 ± 1.31	-0.63	0.0008 ± 0.01	0.0	0.006 ± 0.02	0.7

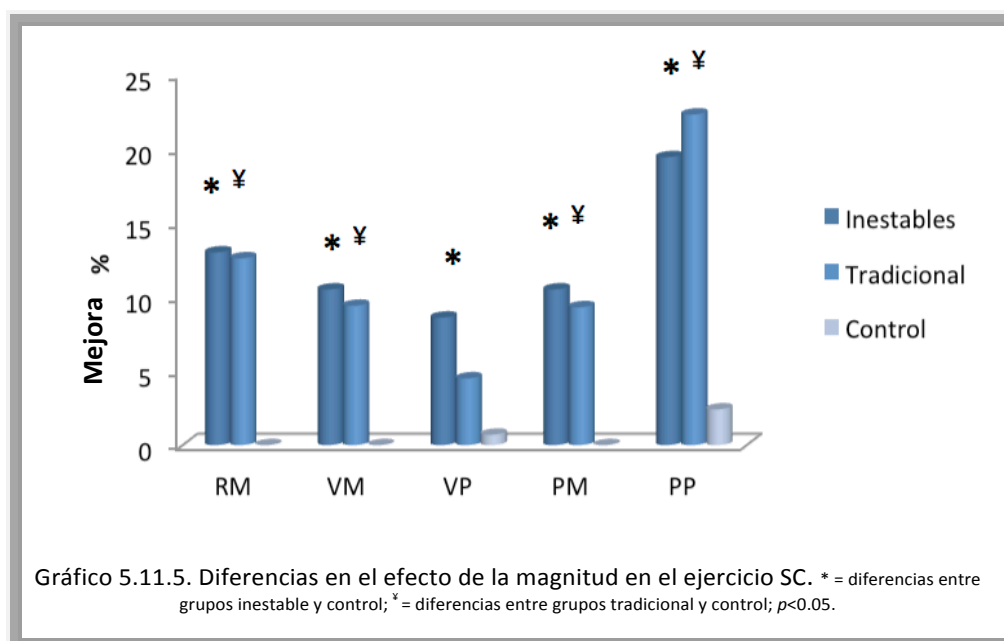
kg = kilogramos; m.s⁻¹ = metros por segundo; Pos = posttest; Pre = pretest; RM = repetición máxima; SC = sentadilla completa; VM = velocidad media; VP = velocidad pico; † Valores dados como medias ± SD ; * = diferencias entre grupos inestable y control; ‡ = diferencias entre grupos tradicional y control; $p<0.05$.

La PM fue aumentada un 10.5% en GI y 9.3% en el GT, reduciéndose en el GC un 3.37% (*Pos PM – Pre PM*, $\text{Chi}^2_1= 10.92$; $p=0.004$). La PP se desarrolló un 19.42% en el GI, 22.3% en el GT y un 2.4% en el GC (*Pos PP – Pre PP*, $\text{Chi}^2_1= 15.74$; $p<0.001$). En el gráfico 5.11.5 se observan las diferencias comentadas.

Tabla 5.11.5. Efecto de la magnitud en la SC de las variables PM y PP. †

Grupos	Pos PM– Pre PM (W)	Mejora (%)	Pos PP– Pre PP (W)	Mejora (%)
Inestables	41.46 ± 29.06*	10.5	194.94 ± 191.66*	19.42
Tradicional	36.8 ± 42.22 [‡]	9.3	235.06 ± 212.4 [‡]	22.3
Control	1.25 ± 3.2	-3.37	-20.24 ± 70.61	2.41

PM = potencia media; Pos = posttest; PP = potencia pico; Pre = pretest; SC = sentadilla completa; W = vatios; †Valores dados como medias ± SD ; * = diferencias entre grupos inestable y control; [‡] = diferencias entre grupos tradicional y control; p<0.05.



2.2 Press Banca.

La Tabla 5.11.6 muestra los resultados de los test de RM, velocidad y potencia de las extremidades superiores en el ejercicio de PB.

Con respecto a la variable del RM se hallaron pequeños incrementos (ES=0.2) en el GI=4.7% y en el GT=4.4% y significativos en el factor Ti ($F=6.89$; $p=0.013$). No se observaron diferencias entre ambos grupos experimentales, ni en la comparativa

con el GC.

Tabla 5.11.6. Resultados de los test realizados en el ejercicio PB.

Variable	Grupo	Pre	Pos	P en Grupo	P en GxTi ES/SP	P en Ti ES/SP
1 RM	GI	77.50 ± 8.22	81.17 ± 9.65	0.932	0.192	0.013*
PB (kg)	GT	78.80 ± 16.20	82.30 ± 16.93		0.1/0.336	0.2/0.719
	GC	81.72 ± 19.58	81.00 ± 18.84			
PB VM (m.s ⁻¹)	GI	0.77 ± 0.11	0.78 ± 0.15	0.943	0.389	0.018*
	GT	0.74 ± 0.19	0.78 ± 0.17		0.03/0.209	0.1/0.671
	GC	0.76 ± 0.21	0.77 ± 0.20			
PB VP (m.s ⁻¹)	GI	1.19 ± 0.20	1.23 ± 0.23	0.899	0.639	0.012*
	GT	1.15 ± 0.30	1.20 ± 0.27		0.01/0.120	0.1/0.717
	GC	1.20 ± 0.39	1.21 ± 0.38			
PB PM (W)	GI	336.05 ± 35.10	344.01 ± 56.06	0.940	0.038*	0.003*
	GT	317.22 ± 70.74	342.84 ± 69.81		0.1/0.627	0.1/0.849
	GC	335.89 ± 84.64	337.09 ± 83.80			
PB PP (W)	GI	608.12 ± 116.70	654.46 ± 163.20	0.946	0.013*	0.011*
	GT	581.33 ± 192.95	648.44 ± 193.39		0.2/0.767	0.1/0.737
	GC	689.32 ± 293.85	669.88 ± 278.36			

1RM = 1 repetición máxima; ES = tamaño del efecto; GC = control; GI = inestable; GT = tradicional; GxTi = grupo x tiempo; kg = kilogramos; m.s⁻¹= metros por segundo; PB = press de banca; PM= potencia media; Pos = postest; PP = potencia pico; Pre = pretest; SP = potencia estadística; Ti = tiempo; VM = velocidad media; VP = velocidad pico; W= vatios; † valores dados como medias ± SD ; * = diferencias significativas; p<0.05.

En cuanto a las variables de velocidad los resultados no son destacables aunque se han encontrado diferencias significativas para la VM y VP al final de ambos

programas de entrenamiento (Factor Ti).

En la PM se produjo un aumento en el GI del 2.4% y del 8.1% en el GT. Estadísticamente estas mejoras se pueden considerar pequeñas ($ES=0.1$) y significativas en el factor tiempo ($F=9.24$; $p=0.003$) y en la interacción ($F=3.46$; $p=0.038$). Los mayores incrementos en el ejercicio PB se han conseguido en la variable PP. Concretamente un 7.6% en el GI y un 11.5% en el GT. Estos aumentos se suponen leves ($ES=0.1$) y significativos en el factor Ti ($F=6.88$; $p=0.011$) y en la interacción G x Ti ($F=4.68$; $p=0.013$).

Respecto al efecto de la magnitud no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables (Tablas 5.11.7 y 5.11.8 y Gráfico 5.11.6).

Tabla 5.11.7 Efecto de la magnitud en el PB de las variables RM, VM y VP. †

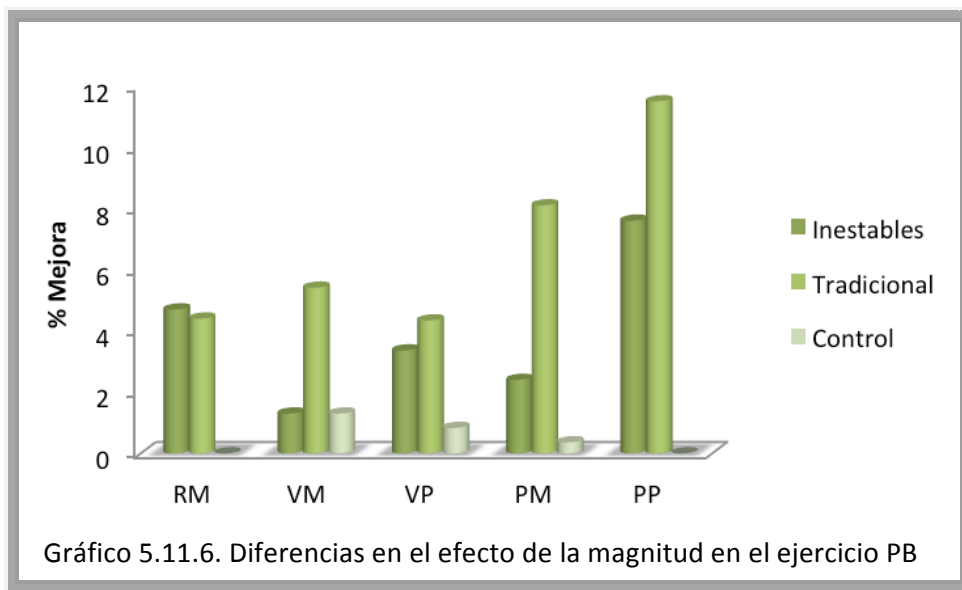
Grupos	RM Pos – Pre (kg)	Mejora (%)	VM Pos– Pre (m.s ⁻¹)	Mejora (%)	VP Pos – Pre (m.s ⁻¹)	Mejora (%)
Inestables	3.67 ± 8.12	4.7	0.01 ± 0.09	1.3	0.03 ± 0.11	3.36
Tradicional	3.5 ± 3.17	4.4	0.03 ± 0.1	5.41	0.04 ± 0.15	4.34
Control	-5.42 ± 18.76	-0.88	-0.03 ± 0.2	1.31	-0.05 ± 0.33	0.83

kg = kilogramos; m.s⁻¹ = metros por segundo; PB = press de banca; Pos = posttest; Pre = pretest; RM = repetición máxima; VM = velocidad media; VP = velocidad pico; †Valores dados como medias ± SD ; $p<0.05$.

Tabla 5.11.8 Efecto de la magnitud en el PB de las variables PM y PP. †

Grupos	Pos PM– Pre PM (W)	Mejora (%)	Pos PP– Pre PP (W)	Mejora (%)
Inestables	5.16 ± 34.02	2.4	47.40 ± 107.94	7.6
Tradicional	19.73 ± 21.02	8.1	83.97 ± 76.12	11.5
Control	-16.54 ± 74.66	0.36	-26.68 ± 137.18	-2.82

PB = press de banca; PM = potencia media; Pos = posttest; PP = potencia pico; Pre = pretest; RM = repetición máxima; W = vatios; †Valores dados como medias ± SD ; $p<0.05$.



CAPÍTULO XII: RESULTADOS DE LA RPE

Los resultados cosechados desvelan la similitud de la RPE en ambos programas de entrenamiento al término de los mismos. Al inicio del proceso de entrenamiento la RPE fue más elevada en el programa con superficies inestables (Tabla 5.12.1).

En cuanto a los resultados de la RPE utilizando el database de los GT y GI en PRE y POS, un primer gráfico tipo scatter (Gráfico 5.12.1) manifiesta que la distribución de la nube de puntos es muy agrupada en POS para ambos grupos de entrenamiento (GI y GT). Al inicio del proceso de entrenamiento los ejercicios más exigentes (RPE) son los del GI, puesto que cuatro ejercicios del GT se posicionan en el rango 3-4.

El gráfico 5.12.2 pretende hacer más específico el caso anterior, analizando ciertos detalles que la comparación global del conjunto puede esconder. Ciertamente muestra como “E total”, que es el ratio de esfuerzo total comparando RPE en inestabilidad con tradicional, es similar a 1. Este ratio igual a 1 significa que la RPE entre GI y GT coinciden.

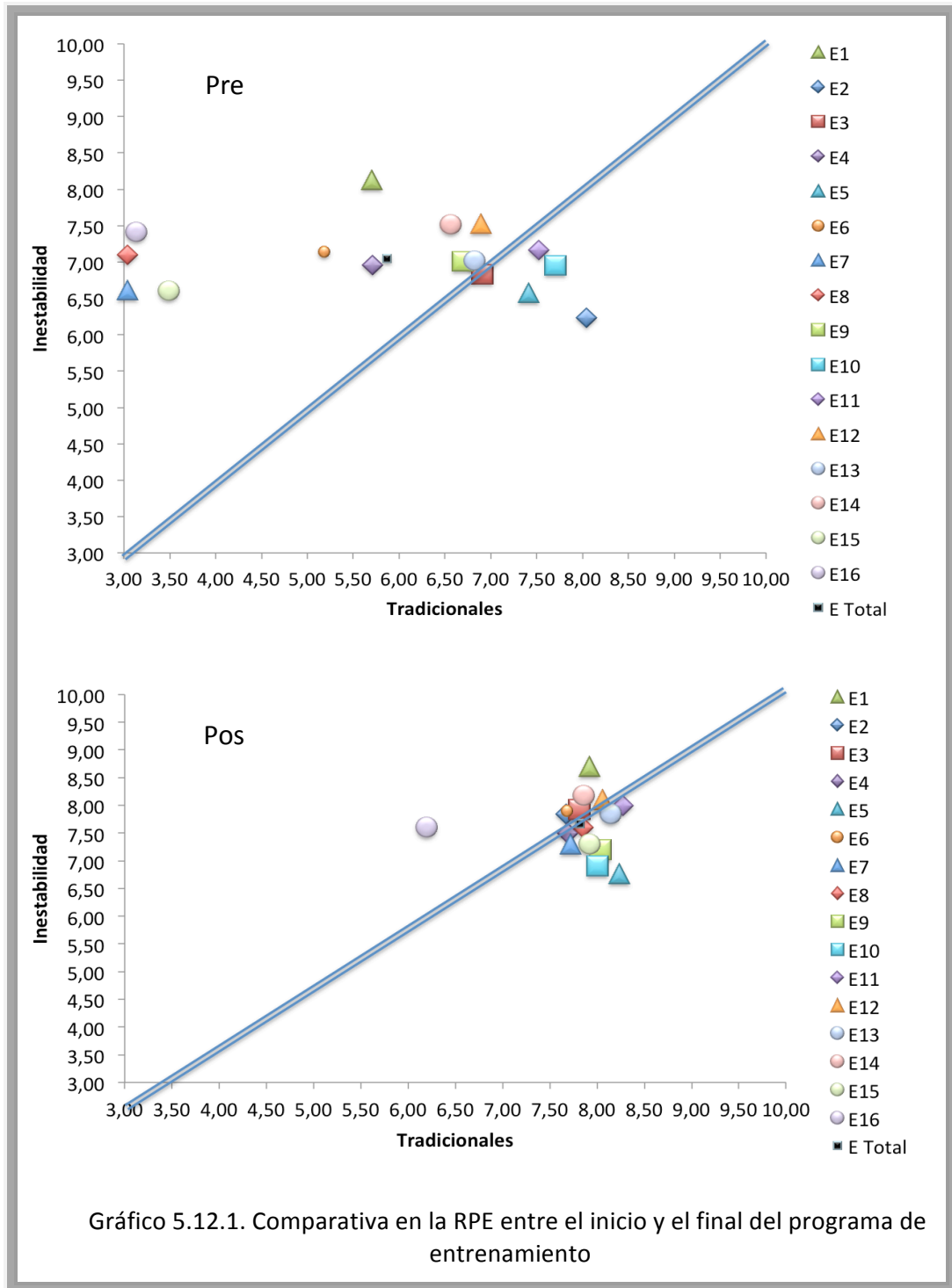
En este mismo sentido, un ratio superior a 1 indica mayor RPE en inestabilidad y viceversa. Por tanto, se sugiere una manera diferente de pautar y prescribir los ejercicios.

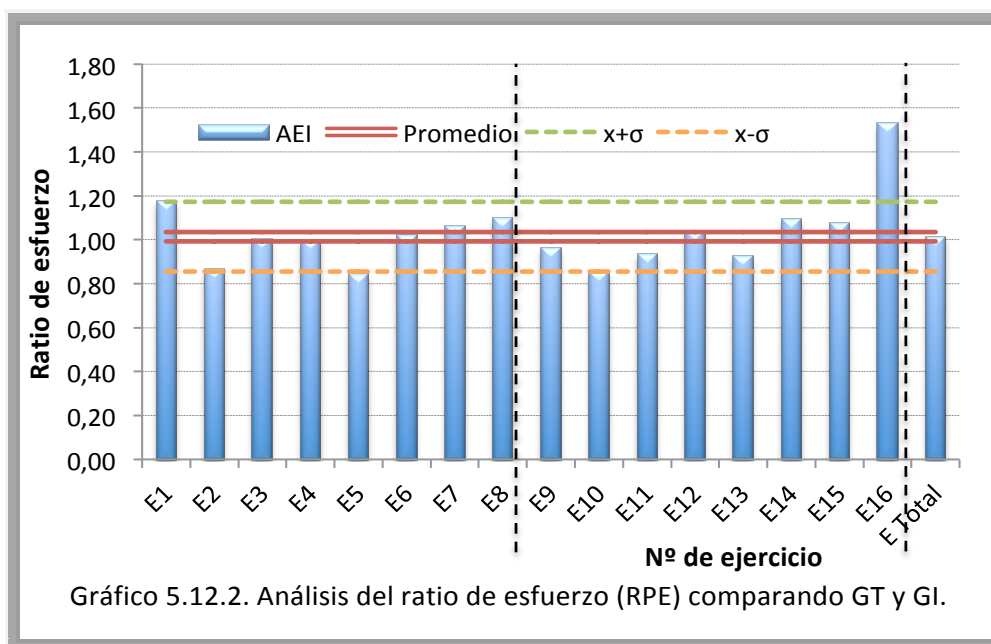
Tabla 5.12.1. Diferencias en la RPE entre ejercicios del GI y GT

Nº	Tradicional	Inicio	Fin	Media	Inestables	Inicio	Fin	Media
1	Polea dorsal	5.70	7.92	7.15	Dorsal TRX	8.13	8.70	8.40
2	Steps Profundos	8.04	7.67	7.83	Steps profundos	6.24	7.85	6.77
3	Press inclinado	6.91	7.81	7.37	Pectoral	6.83	7.92	7.38
4	Subidas al banco lateral	5.71	7.69	6.99	Subidas step laterales	6.96	7.51	6.98
5	Press hombro mancuernas	7.41	8.23	7.72	hombro step gomas	6.58	6.76	6.50
6	Cargada y media sentadilla	5.18	7.68	7.13	Sentadilla y cargada TRX	7.14	7.90	7.27
7	Bíceps Mancuernas	3.04	7.72	6.40	Bíceps TRX	6.61	7.30	6.80
8	Tríceps polea	3.04	7.85	6.55	Tríceps TRX	7.10	7.60	7.20
9 (1)	Remo polea baja	6.69	8.03	7.23	Remo TRX	7.01	7.20	6.95
10 (2)	Steps con abducciones	7.70	8.00	7.90	TRX Pasos laterales	6.95	6.90	6.73
11 (3)	Pectoral en máquina	7.52	8.27	7.91	Pectoral	7.17	8.00	7.40
12 (4)	Subidas a banco unilateral	6.89	8.06	7.59	Flexiones de rodilla bosu y TRX	7.53	8.10	7.90
13 (5)	Hombro/trapezio	6.82	8.14	7.94	Hombro TRX	7.02	7.85	7.35
14 (6)	Sentadilla mancuernas	6.56	7.86	7.14	Sentadilla balón	7.52	8.18	7.80
15 (7)	Tríceps polea alta	3.49	7.92	6.27	Tríceps TRX	6.60	7.30	6.74
16 (8)	Bíceps barra	3.13	6.19	4.84	Bíceps TRX	7.41	7.60	7.40
	RPE promedio ejercicios	5.86	7.81	7.12	RPE promedio ejercicios	7.05	7.67	7.22
	RPE promedio sesiones	6.95			RPE promedio sesiones	6.74		

Por ejemplo, el ejercicio 16 (bíceps TRX® / barra) es muy favorable al TRX®

superando el 1.40, es decir, más del 40% de percepción de esfuerzo en bíceps trabajado en inestabilidad que cuando se hace de manera tradicional.

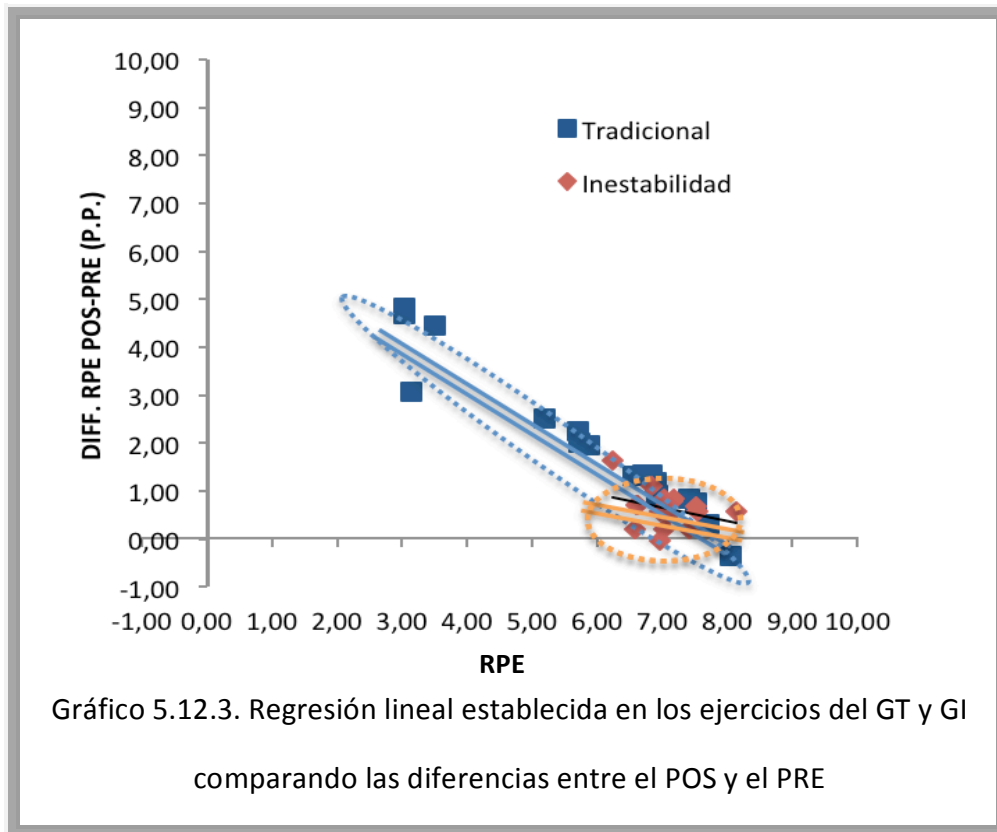




Finalmente, se procede a contrastar mediante una regresión la relación entre la RPE PRE y POS entrenamiento (Gráfico 5.12.3), en concreto, entre el primero (eje horizontal del gráfico) y la diferencia entre ambos (eje vertical del gráfico). La hipótesis básica y habitual es encontrar una pendiente negativa entre los mayores niveles de percepción de esfuerzo inicial y el menor espacio diferencial, al incremento con el POS entrenamiento.

Se observa que el promedio de esfuerzo percibido por los deportistas que realizan ejercicios inestables es mayor al inicio y, por ende, va a ser menor el incremento en el POS entrenamiento respecto a una posición de partida más exigente. Es normal, conforme a la literatura convencional, encontrar una pendiente negativa en la relación descrita. La RPE en los ejercicios en inestabilidad es más homogénea y exigente en promedio en su fase PRE. La homogeneidad es la nota predominante en ambos programas de entrenamiento

en el POS.



1. DESARROLLO DE UN MODELO DE ESCALA DE PERCEPCIÓN DEL ESFUERZO.

Con la diferencia establecida entre los resultados obtenidos en la RPE de ambos programas de entrenamiento, se ha confeccionado un modelo de escala percepción del esfuerzo (Tabla 5.12.2).

El objetivo de esta escala es buscar una referencia para clasificar y poder cuantificar la intensidad de los ejercicios en función de la RPE establecida por los participantes. De esta forma podremos determinar que cuando realizamos un ejercicio aplicando una metodología de entrenamiento que tiene una

repercusión X en el organismo (RPE), equivaldría a una intensidad Y (RPE) con otra metodología de entrenamiento.

Tabla 5.12.2. Desarrollo de un modelo de escala de percepción del esfuerzo

Nº	EJERCICIOS	RPE Pre	AEI_Pre	Ref. Inestabilidad	Ref. Estabilidad	
Ejercicio 1	Dorsal TRX	8.13	1.43	Categorización	5.70	Categorización
0.0	0	0.0	0		0.0	
0.5	10	0.5	1		0.5	
1.0	20	1.0	2		1.0	
1.5	30	1.5	3		1.5	
2.0	40	2.0	4		2.0	
2.5	50	2.5	5		2.5	
3.0	60	3.0	6	Sin Esfuerzo	3.0	Sin Esfuerzo
3.5	70	3.5	7		3.5	
4.0	80	4.0	8	Extremadamente Leve	4.0	Extremadamente Leve
4.5	90	4.5	9	Muy Leve	4.5	Muy Leve
5.0	100	5.0	10		5.0	
5.5	110	5.5	11	Leve Esfuerzo	5.5	Leve Esfuerzo
6.0	120	6.0	12		6.0	
6.5	130	6.5	13	Algo Intenso	6.5	Algo Intenso
7.0	140	7.0	14		7.0	
7.5	150	7.5	15	Intenso	7.5	Intenso
8.0	160	8.0	16		8.0	
8.5	170	8.5	17	Muy Intenso	8.5	Muy Intenso
9.0	180	9.0	18		9.0	
9.5	190	9.5	19	Extremadamente Intenso	9.5	Extremadamente Intenso
10.0	200	10.0	20	Máximo	10.0	Máximo
Esfuerzo	Cardio	RPE Pre	% Δ	Inestabilidad	Estabilidad	

AEI = ratio de afinamiento; Ref = referencia.

A modo de ejemplo: hemos seleccionado el ejercicio nº 1 de la rutina 2, en ambos programas de entrenamiento. El ejercicio con inestabilidades tiene una RPE de 8.13 y de 5.70 el tradicional. Según el ratio de afinamiento establecido en nuestra escala, tiene un valor de intenso a muy intenso en la categorización de inestabilidades, y de leve esfuerzo en la categorización de estabilidad.

SECCIÓN VI

DISCUSIÓN

CAPÍTULO XIII: DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS CARDIORRESPIRATORIOS

El hallazgo más significativo de este estudio respecto a las variables cardiorrespiratorias, es que en ambos programas de entrenamiento se obtuvieron adaptaciones muy similares. Por los resultados cosechados, se podría interpretar que hay un mantenimiento en el rendimiento cardioventilatorio en algunos parámetros (VO_{2max} , VT_2 , etc.), y otros que justifican una mejora de la condición física (VT_1 , FC a VT_1 , etc.).

Uno de los objetivos que nos habíamos propuesto antes de comenzar el estudio fue diseñar un programa de entrenamiento que fuera lo más completo posible. Se pretendía mejorar la condición física mediante el desarrollo de las variables relacionadas con la fuerza del aparato locomotor y el sistema cardiorrespiratorio. Éramos conscientes de que en el entrenamiento con resistencias es más factible producir mejoras relacionadas con la fuerza. Sin embargo, como veremos a lo largo de esta discusión y a pesar de las controversias, en la actualidad la literatura científica contempla que el entrenamiento de fuerza con resistencias no genera dudas sobre los efectos positivos que tiene en el rendimiento cardiorrespiratorio. Los beneficios serán más elocuentes cuanto menor sea la capacidad funcional del sujeto.

Se seleccionó el entrenamiento con resistencias porque cuando hablamos de mejorar la condición física, consideramos que ofrece muchas posibilidades de

desarrollo de todos los factores que contribuyen a mejorar nuestra condición física y calidad de vida:

- Desarrollo cardiorrespiratorio.
- Desarrollo de la fuerza muscular.
- Beneficios en el aparato locomotor.
- Beneficios en la musculatura protectora de la columna vertebral, etc.

Se incluyó el entrenamiento con superficies inestables, principalmente por el desconocimiento del efecto que pueden producir aparatos como el Bosu® y TRX® en el rendimiento de la resistencia cardiovascular. Con respecto a qué tipo de entrenamiento en circuito “tradicional VS. inestabilidades” es más efectivo, no podemos pronunciarnos. Hay muy pocos estudios que hayan analizado los efectos cardiorrespiratorios del entrenamiento con inestabilidades, y los resultados al respecto no fueron satisfactorios^{180,182}. En nuestro estudio, por los resultados cosechados podríamos aseverar que ambos programas de entrenamiento han conseguido adaptaciones cardioventilatorias similares en valores máximos y en VT_2 . En VT_1 , sin que haya diferencias significativas entre los grupos experimentales, el GT fue el único que mejoró significativamente el VO_2 y redujo la FC.

Probablemente, la tónica general de igualdad en los resultados cosechados en ambos grupos experimentales, se deba a la metodología de prescripción pautada

en ambos programas de entrenamiento (Nº de repeticiones, periodos de recuperación pequeños, circuito, etc.), más que a la utilización de unos aparatos u otros. A nuestro conocimiento, es el primer estudio que analiza los efectos de una metodología de entrenamiento en circuito con TRX® y Bosu® en las variables cardiorrespiratorias. Debido a esta falta de información, el análisis de los resultados conseguidos estará apoyado, generalmente, en la literatura científica concerniente a otros aparatos con inestabilidad y al entrenamiento con resistencias.

Otra de las dudas intrigantes que nos quedarían por resolver, es relativa a si se obtienen mayores beneficios con este tipo de entrenamiento aislado (Fuerza) o combinado (Fuerza+Resistencia o Resistencia+Fuerza), sobre todo si se realizan 3 sesiones semanales.

Aagaard y Andersen (2010)⁴⁶² hacen una fantástica revisión de los múltiples beneficios que se consiguen con el entrenamiento concurrente (Fuerza+Resistencia), en atletas de resistencia entrenados. Chtara y cols. (2005)⁴⁶³ hacen una comparativa entre el entrenamiento combinado y el entrenamiento aislado (fuerza y/o de resistencia) aplicado a sujetos con características muy similares a las de nuestro grupo de estudio. En su trabajo establecen 4 grupos de entrenamiento: de fuerza (F), de resistencia (Rs), de fuerza+resistencia (F+Rs) y de resistencia+fuerza (Rs+F). En los entrenamientos de F utilizan una metodología en circuito empleando el mismo entrenamiento para todos los

grupos. Comentan que los mayores beneficios en el aparato cardiorrespiratorio se consiguen con el método concurrente, realizando a continuación del ejercicio de Rs el entrenamiento de fuerza en circuito, lo que demuestra que podría ser una interesante alternativa a nuestra propuesta realizada. Sin embargo, su estudio no consideró los efectos de esta metodología de entrenamiento en el desarrollo de la fuerza y de la potencia muscular. Este análisis podría resultar muy interesante, a sabiendas de que el entrenamiento de resistencia, ejecutado previamente antes del entrenamiento con resistencias, podría tener una repercusión negativa en el desarrollo de la fuerza y potencia muscular⁴⁵². Se necesitan aportar más estudios al respecto para poder sacar conclusiones más certeras, sobre la metodología de entrenamiento que puede resultar más adecuada.

Sin duda, son conocidos los beneficios del entrenamiento de fuerza con resistencias en el desarrollo de la condición física y salud, relacionados con el aparato locomotor^{464,465}. Sin embargo y como ya comentamos previamente, existen controversias con respecto a las posibles mejoras que produce esta metodología de entrenamiento en diversos parámetros cardiorrespiratorios, tan importantes para el progreso del “fitness” (VO_{2max} , FC, etc.).

Cuando diseñamos ambos programas de entrenamiento uno de los principales objetivos perseguidos, se fundamentaba en intentar mejorar estas variables incrementando la densidad del entrenamiento. La disminución de los tiempos de

recuperación conlleva una mayor continuidad del ejercicio, fomentando la participación activa del sistema cardiovascular. A tal efecto, es necesario controlar diversos aspectos relacionados con la fatiga local muscular, que se puede ocasionar en los grupos musculares implicados. Por ello, se alternaban ejercicios de las extremidades superiores e inferiores y se controlaban las cargas con la RPE de los participantes. Sabíamos en todo momento si la fatiga ocasionada en determinados grupos musculares era excesiva, pudiendo ser este aspecto clave en la interrupción del ejercicio y, consecuentemente, condicionar las posteriores adaptaciones cardiorrespiratorias.

Con respecto a las variables medidas, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}) es el parámetro más importante para determinar la capacidad funcional del sujeto. El VO_2 integra los tres sistemas orgánicos más importantes en el ejercicio (cardiovascular, pulmonar y muscular). Se define como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo. En las evaluaciones efectuadas no se observan diferencias significativas después de las 7 semanas de entrenamiento, en los valores máximos de consumo de oxígeno en ambos grupos experimentales.

Según la clasificación de la capacidad aeróbica establecida por Cooper (1982)⁴⁶⁶, de acuerdo con la edad y el sexo de nuestros participantes, se advierte que los valores de VO_{2max} se consideran *Superiores* (en PRE y POS en GC y GI) y *Excelentes* (en PRE y POS en GT). Para varones de 20-29 años los valores

Superiores son entre 46.5-52.4 ml·kg⁻¹·min⁻¹ y *Excelentes* por encima de 52.5 ml·kg⁻¹·min⁻¹. En la muestra del estudio que nos concierne el VO_{2max} no se modifica, sugiriendo que quizás el entrenamiento pautado no sea lo suficientemente específico como para mejorar esta variable en sujetos con elevado VO_{2max}. Conclusiones similares se observan en corredores de élite de resistencia entrenados. El principio de especificidad del entrenamiento propone que las mejoras en la resistencia, podrían alcanzarse más efectivamente a través del entrenamiento de tipo aeróbico. Es poco probable que el estímulo aeróbico provocado por el entrenamiento con resistencias sea superior al 50% del VO_{2max}, lo que conlleva a que sea improbable que pueda mejorarse el VO_{2max} en corredores de resistencia con excelentes aptitudes¹²⁴.

Otros estudios han documentado cómo sólo el entrenamiento de fuerza con resistencias no parece suficiente estímulo para mejorar el VO_{2max}^{467,468}. Un trabajo de Hurley y cols. (1984)⁴⁶⁷ demostró cómo un programa de entrenamiento de fuerza de alta intensidad, de 16 semanas de duración con máquinas de resistencia variable, no mejoró la función cardiovascular en 30 varones no entrenados. El VO_{2max} no se incrementó posiblemente porque las cargas estipuladas no requerían más del 45% VO_{2max}. Diversas investigaciones justifican que realizar entrenamientos de fuerza en circuitos de 8 a 12 ejercicios, produce un consumo medio de oxígeno similar a caminar en un tapiz rodante a una velocidad aproximada de 6.4 km/h^{114,467}.

Con estas premisas es lógico pensar que resulte complicado mejorar la potencia

aeróbica con este tipo de estímulos, a no ser que sean personas sedentarias o con una baja capacidad funcional. La mayoría de los estudios^{122,469} que demuestran incrementos moderados en el VO_{2max} , los participantes eran sedentarios o personas no entrenadas, con VO_{2max} inferiores a $40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Sin embargo, un estudio de Losnegard y cols. (2011)⁴⁷⁰ demostró un aumento significativo en el VO_{2max} ($7\pm 1\%$) en 19 esquiadores de fondo de competición ($VO_{2max} > 60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). En el programa de entrenamiento se alternaban sesiones de resistencia y fuerza (entrenamiento concurrente). Los estímulos de fuerza producidos eran con altas cargas, 2 días por semana durante 12 semanas. Los test utilizados para cuantificar el VO_{2max} se desarrollaron en un rodillo de esquiar y corriendo. Curiosamente, los incrementos del VO_{2max} fueron detectados en la prueba del rodillo de esquiar, sin que hubiese cambios significativos durante la prueba de resistencia en carrera. Posiblemente estos aumentos del VO_{2max} sean debidos a que mayoritariamente los estímulos producidos durante el proceso de entrenamiento son de resistencia, lo que no excluye que el entrenamiento de fuerza con resistencias sea un complemento idóneo para contribuir al desarrollo de otros parámetros de rendimiento, ya sean cardioventilatorios y/o relacionados con la economía de carrera^{62,471,472}.

Otro aspecto que nos llama la atención en este estudio, es que en los test realizados sólo se manifestaron los cambios de VO_{2max} en el rodillo de esquí. Seguramente, la especificidad de la prueba de evaluación condiciona estas medidas, ya que implica una mayor masa muscular similar a la de competición y

diferente a la requerida corriendo. De estas consideraciones, surgen dudas a modo de reflexión relativas a la especificidad de los test. Cuando hablamos de medir el VO_{2max} , ¿por qué al efectuar un programa de entrenamiento con resistencias, se analizan los resultados evaluando variables cardiorrespiratorias en una prueba en tapiz rodante o cicloergómetro? A la hora de evaluar las respuestas cardioventilatorias en una prueba de valoración funcional, ¿deberíamos evolucionar y validar test más específicos análogos a los estímulos producidos en el entrenamiento de fuerza con resistencias?

Otro de los aspectos interesantes a analizar es la metodología de entrenamiento pautada. La mayoría de los estudios que han confirmado incrementos en el VO_{2max} han utilizado principalmente estímulos con resistencias en circuito^{119,120}. Sin embargo, otros trabajos han mostrado cómo el entrenamiento en circuito no siempre es eficaz⁴⁷³.

Las características del entrenamiento en circuito con resistencias son idóneas para producir incrementos del VO_{2max} . Posiblemente se originen por un aumento de la resistencia muscular localizada y por una reducción de los tiempos de recuperación entre ejercicios, estresando el sistema cardiorrespiratorio al igual que ocurre en los estímulos de resistencia. Si el entrenamiento en circuito con resistencias conlleva incrementos del VO_{2max} , posiblemente se garantice optimizar la condición física y salud, ya que altos niveles de VO_{2max} están asociados a una reducción del riesgo de enfermedad o mortalidad^{474,475,476}.

Un trabajo de Kaikkonen y cols. (2000)¹²¹ concluyó que los efectos

cardiovasculares producidos por un programa de entrenamiento de fuerza en circuito, en adultos sanos y sedentarios, con máquinas de musculación y cargas de baja intensidad, fueron comparables a un entrenamiento de resistencia, realizando actividades como andar, trotar o pedalear. Ambos programas duraron 12 semanas y la FC y el tiempo de duración del ejercicio fueron los mismos para ambos tipos de entrenamiento (40 minutos y entre el 70-80% de la FC_{max}). Por tanto, el entrenamiento en circuito puede ser una herramienta idónea para el aumento de la capacidad aeróbica^{119,323,477,478}. Sin embargo, Kraemer y cols. (1995)⁴⁷² demostraron que en sujetos con buena capacidad aeróbica no se producen aumentos en el VO_{2max} , realizando 4 sesiones por semana durante 3 meses y reduciendo los tiempos de recuperación entre estaciones. Este aspecto nos hace volver a incidir sobre la complejidad de crear estímulos con resistencias, lo suficientemente efectivos como para mejorar los parámetros ventilatorios en sujetos con una alta capacidad funcional cardiorrespiratoria.

A pesar de que las investigaciones determinan que los incrementos del VO_{2max} mediante cargas con resistencias, son inferiores a las que se producen en un programa de entrenamiento de resistencia aeróbica²³⁹, debemos ser conscientes de la importancia de aplicar en el proceso de entrenamiento adecuados estímulos con resistencias, contribuyendo eficazmente al rendimiento aeróbico y/o la economía de carrera^{117,127,130,132,136,479}.

A pesar de estos factibles beneficios, se debe considerar que los programas de entrenamiento específicos son los que más mejoras van a reportar. Es decir, si

nuestro objetivo es mejorar el metabolismo aeróbico, está claro que actividades donde se entrena con una perspectiva aeróbica como el ciclismo, la natación y la carrera producirán substanciales mejoras respecto al RT. Incluso el entrenamiento combinado de resistencias y aeróbico, optimizará en mayor medida el metabolismo aeróbico^{136,191,480} que el entrenamiento exclusivo con resistencias⁴⁷².

Otro de los aspectos a discutir sobre el diseño de los programas de entrenamiento, es la influencia del nº de repeticiones establecidas en cada ejercicio o estación. Diversos estudios muestran cómo los programas de entrenamiento de alta intensidad inferiores a 10RM, no producen incrementos en el VO_{2max} en jóvenes^{136,137} y en personas mayores⁴⁸¹. Si se utilizan cargas superiores al 75% de 1RM no se pueden efectuar más de 10RM por fatiga de los grupos musculares implicados, siendo necesario un adecuado tiempo de recuperación para continuar con el mismo estímulo de carácter anaeróbico láctico. Este aspecto va en contraposición de los requerimientos necesarios para trabajar en condiciones aeróbicas donde el aporte de oxígeno al tejido activo es esencial.

Sin embargo, utilizando una metodología con cargas más ligeras y muchas repeticiones (= ó > 15RM) se originan aumentos del VO_{2max} en personas jóvenes después de varias semanas de entrenamiento¹¹⁹. Quizá éste sea otro componente que evidencia aún más la necesidad de optimizar el proceso del RT,

para mejorar el VO_{2max} en sujetos con niveles muy buenos o excelentes. En nuestro grupo de estudio, 15 repeticiones a un ritmo de ejecución elevado, no fueron suficientes argumentos para incrementar el VO_{2max} .

A lo largo de esta discusión se está observando la dificultad que entraña mejorar ciertos parámetros que indican una adecuada aptitud cardiorrespiratoria. Cuando hablamos de mejorar la condición física y salud, en este caso en concreto haciendo referencia al grupo de estudio que nos atañe, quizás resulte complejo mejorar algo que ya de por sí está valorado como excelente⁴⁸². Lo que nos deriva a pensar, que el entrenamiento de fuerza con resistencias es una adecuada metodología para mantener o incrementar la aptitud cardiorrespiratoria, en función del nivel inicial del sujeto.

Otra de las variables analizadas fue la velocidad máxima obtenida en la prueba incremental después de las 7 semanas de entrenamiento. Se observa cómo se produce un mayor incremento en el GI (5.7%) con respecto al GT (1%). El GT presentó una velocidad en el pretest mas elevada, concretamente de 1 Km. h⁻¹ (15.8 frente a 16.8 km.h⁻¹). El punto de partida es mayor y el margen de mejora es menor para un tipo de entrenamiento, donde en ningún momento se han utilizado estímulos específicos de carrera o resistencia aeróbica. Por los resultados obtenidos en ambos programas de entrenamiento, el hecho de incrementar levemente los niveles de velocidad máxima entrenando tres veces por semana sin estímulos específicos, delata la importancia del RT mejorando

otros parámetros que no son meramente los cardiorrespiratorios medidos, y sí los relacionados posiblemente con la economía de carrera⁴⁵².

Es más que probable que una metodología de entrenamiento combinativa (F y Rs) sea la más idónea para mejorar la velocidad máxima de la prueba o el tiempo de duración de la misma⁴⁶³. En cualquiera de los casos, se puede sugerir que los efectos de ambos programas de entrenamiento son tan parecidos que los valores POS tienden a igualarse en la variable de V_{max} .

Con respecto a la FC_{max} no se produjeron cambios significativos entre grupos, aunque se observó una reducción significativa en el GT. Por lo tanto, al originarse en el GT un aumento leve y no significativo de la velocidad final y del tiempo de duración de la prueba, disminuyendo significativamente la FC_{max} , se reduce el estrés fisiológico del sistema cardiovascular ante una misma velocidad de carga. Lo que fomenta la teoría antes mencionada, de una más que probable mejora en la economía de carrera⁴⁵². En el GI se produjo el proceso inverso, es decir, aunque no se disminuyó significativamente la FC_{max} al finalizar el programa de entrenamiento, si hubo un incremento significativo de la V_{max} , lo que también sugiere que ante un mismo estrés cardiovascular se mejora la V_{max} , mejorando la economía de carrera⁴⁵².

Por otro lado, aunque no hubo diferencias significativas entre grupos respecto a la FC a intensidad de VT_1 , ésta disminuyó significativamente en el GT (GT 8.4%, 12.9 lpm), siendo la velocidad similar con respecto a los valores obtenidos en el pretest. Este aspecto denota una mayor eficiencia cardiovascular después de 7

semanas de entrenamiento, probablemente debido a un aumento de la cavidad cardíaca^{108,109,110}.

Además, el VO_2 a VT_1 se reduce significativamente en el POS en el GT (15.8%, $29.8 \pm 4.67 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Es decir, manteniendo la misma velocidad a una intensidad de VT_1 , los sujetos tuvieron menos necesidades de consumo de oxígeno siendo más económicos. La economía de carrera es un parámetro de rendimiento que relaciona el $VO_{2\text{max}}$ y la velocidad de carrera, o el oxígeno requerido a una intensidad máxima de ejercicio. Este concepto es fácilmente entendible en dos individuos que corren a la misma velocidad. El corredor que requiere un menor VO_2 a una velocidad dada se dice que es más eficiente¹²⁴. La economía de carrera ha tenido mucha influencia en el rendimiento de atletas de resistencia^{483,484,485}. Una mejora en la economía de carrera permite a un atleta correr más rápido en una distancia de carrera determinada, o correr más kilómetros a una velocidad constante con una reducción del consumo de oxígeno. Hay que decir que aunque la V a VT_1 no se redujo significativamente en los dos grupos de entrenamiento, en el GT se observó una disminución de 0.6 km/h. Si además el VO_2 a VT_1 fue más elevado en el PRE con respecto al GI, podemos aseverar que ambos grupos de entrenamiento pueden mejorar su economía de carrera ante velocidades cercanas a VT_1 .

Por otro lado, el VT_1 en términos de intensidad relativa ($\%VO_{2\text{max}}$) se reduce significativamente en el GT. Cabe destacar que después del período de entrenamiento, GT y GI tienden a igualar la intensidad relativa del $VO_{2\text{max}}$ a la

que se produce VT_1 (55.9% VO_{2max} en el GI VS. 55.6 % VO_{2max} GT). Este aspecto indica que en personas activas con $VO_{2max} > 50 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, disminuye la intensidad relativa de VT_1 con respecto a los valores obtenidos en el PRE, estando dentro de los valores considerados como normales para la población sana (50-60% VO_{2max}). Estos datos son similares a los encontrados en la bibliografía, que documenta que el entrenamiento de fuerza no mejora el Umbral Láctico (UL) en sujetos entrenados (El UL se podría referir a un momento metabólico parecido al VT_1 pero evaluado por diferente metodología⁴⁸⁶, aunque existe mucha discrepancia en cuanto a este tema).

Paavolainen y cols. (1999)¹¹⁶ analizaron los efectos de un entrenamiento de fuerza explosiva en 10 atletas entrenados, no encontrando cambios en el VO_{2max} y UL. En la misma línea, Bishop y cols. (1999)¹¹⁸, realizaron un estudio con grupo control a 21 mujeres entrenadas en ciclismo ($VO_{2pico} = 48.2 \pm 5.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Aplicaron un programa de entrenamiento de fuerza durante 12 semanas obteniendo mejoras significativas en la fuerza muscular de las piernas (test de 1RM en sentadilla), sin mejorar su rendimiento aeróbico. Es decir, no hubo cambios en el UL ni en el VO_{2pico} después del período de entrenamiento.

En cambio hay investigaciones que documentan un incremento del 12% del UL en sujetos no entrenados, después de un entrenamiento de fuerza de 12 semanas, independientemente de los cambios producidos en el VO_{2max} ¹²⁵. Por tanto, en personas no entrenadas o sedentarias con baja capacidad funcional, en las que los valores de VT_1 son inferiores a los considerados referencia para

población sana ($VT_1 < 50\% VO_{2max}$), ambos tipos de entrenamiento de fuerza podrían ser un estímulo efectivo para retrasar la aparición del primer umbral y reducir la fatiga. VT_1 es una intensidad de trabajo que puede mantenerse durante largos períodos de tiempo y muy efectiva para mejorar la capacidad funcional.

En cuanto a los resultados obtenidos en las variables submáximas en el segundo umbral (VT_2), podemos decir que tan sólo se documentan diferencias significativas en el factor Ti para la FC. La FC disminuye un 3.4% en el GI equivalente a 6 latidos por minuto. Para el GT la FC se redujo en 4.1 lpm (2.3%). Al no observarse cambios significativos en la velocidad a VT_2 , podríamos decir que mejora levemente su eficiencia cardiovascular a esta intensidad de ejercicio, posiblemente por una mayor capacidad de trabajo muscular.

Las principales limitaciones de rendimiento que se producen en personas no entrenadas y/o con una mala aptitud cardiorrespiratoria, son debidas principalmente a factores periféricos. No desarrollan adaptaciones musculares del sistema cardiorrespiratorio. Sin embargo, en sujetos entrenados y/o con una buena aptitud cardioventilatoria, la resistencia periférica está más desarrollada⁴⁸⁷ (mayor nº de capilares por fibra, nº de mitocondrias y actividad enzimática). Las principales limitaciones podrían ser debidas a que este desarrollo periférico no se vea compensado proporcionalmente con una evolución del sistema central (corazón y pulmones). La mejoras en el sistema central permitirían una mayor producción de energía por unidad de tiempo del

sistema aeróbico, pero en sujetos muy entrenados esta evolución del sistema central apenas se produce, con lo que el suministro de oxígeno no se ve optimizado. Este hecho queda “justificado” mediante el dopaje sanguíneo, incrementando el rendimiento mediante los cambios en el suministro de oxígeno a nivel celular^{488,489}.

Parece ser que los entrenamientos de fuerza de alta intensidad tienen un efecto positivo en las adaptaciones periféricas⁴⁹⁰. Las limitaciones de los deportistas entrenados se producen en mayor medida por una fatiga a nivel muscular, por lo que el rendimiento de los factores periféricos relacionados con la fuerza muscular puede verse afectado negativamente^{116,491,492}. Por todo ello, el entrenamiento de la fuerza es fundamental para la economía en sujetos entrenados o altamente cualificados⁴⁹³. Quizás, las leves mejoras provocadas en ambos grupos experimentales estén estrechamente relacionadas con una mejora de la resistencia muscular localizada.

Para el resto de variables cardiorrespiratorias a VT_2 no se observan diferencias significativas, probablemente porque los estímulos de fuerza utilizados son insuficientes en sujetos que aproximadamente tienen su VT_2 al 85%-90% de su VO_{2max} . Los resultados obtenidos siguen la tendencia de los estudios aportados por Marcinik y cols. (1991)¹²⁵, cuyas conclusiones reflejan que este parámetro se mejora en deportistas que presentan un VO_{2max} bajo, inferior a $45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ y que llevan 3 meses sin hacer actividades físicas y deportivas.

CAPÍTULO XIV: DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS DE FUERZA Y CAPACIDAD DE SALTO

Otro de los hallazgos reseñables en este estudio fue que ambos tipos de entrenamiento produjeron incrementos similares en el desarrollo de fuerza, potencia y velocidad de movimiento de las extremidades superiores e inferiores y en la valoración de la capacidad de salto.

En un análisis retrospectivo de los estudios realizados sobre el entrenamiento en condiciones de inestabilidad, podríamos concluir que principalmente tiende a reducirse la capacidad para producir fuerza en las extremidades superiores¹⁷³ e inferiores^{153,171,225}, potencia^{173,494} y velocidad¹⁷³, y en los picos de potencia y fuerza durante la fase concéntrica en el SC¹⁷¹, con respecto a un entrenamiento en condiciones de estabilidad. Por tanto, probablemente no sería una metodología de entrenamiento recomendable para optimizar el rendimiento en determinadas acciones motrices más específicas, mejorando la condición física y salud. Con estas premisas nuestra hipótesis inicial carecería de sentido y, consecuentemente, no se producirían el mismo tipo de adaptaciones que en el entrenamiento con resistencias en condiciones de estabilidad. Sin embargo, los resultados cosechados dan pie a interpretar otras posibilidades que nos brinda y futuras líneas de investigación relacionadas con el entrenamiento de patrones motores específicos en un entorno inestable.

Con respecto a las variables de 1RM evaluadas, se produjeron incrementos

estadísticamente significativos de la fuerza parecidos en ambos programas de entrenamiento, moderados en el ejercicio SC y leves en el PB. Los resultados son similares a los reportados en otras investigaciones de análogas características⁴⁹⁵.

El entrenamiento con resistencias tradicional se caracteriza porque las fuerzas resistidas o sobrecargas aplicadas son mayores que en un entorno inestable⁴⁹⁶.

Los resultados obtenidos especialmente en la SC, sugieren que el menor estrés provocado, teóricamente, por los aparatos inestables en los músculos extensores de la rodilla, podría ser compensado por una mayor activación de la musculatura del tronco y transmisión simpática de las motoneuronas⁴⁹⁷. Este aspecto probablemente favorezca la coordinación intramuscular e intermuscular en los grupos musculares implicados, así como una activación más económica de la musculatura agonista⁴⁹⁸, incrementando los niveles de fuerza (1RM).

Estos argumentos podrían tener aún mayor sentido analizando los ejercicios seleccionados en ambos programas de entrenamiento. Se observa que los mayores beneficios se han encontrado en las extremidades inferiores, probablemente porque los ejercicios seleccionados son principalmente unilaterales y de pie. A medida que el cuerpo se mueve en posición vertical como un péndulo invertido, hay una tendencia del centro de gravedad a balancearse⁴⁹⁹ incrementado el grado de inestabilidad, favoreciendo la activación de la musculatura del tronco, transmisión simpática de las motoneuronas y la coordinación inter e intra muscular^{497,498}. A su vez, los menores incrementos de

fuerza producidos en las extremidades superiores podrían achacarse a que los ejercicios seleccionados son realizados sentados, en posición decúbito y con un mínimo desplazamiento del centro de gravedad, lo que posiblemente conlleve una menor activación de la musculatura del tronco.

La igualdad de los resultados (1RM) cosechados en ambos grupos experimentales, podría tener su explicación en que las posiciones corporales y el grado de inestabilidad producido por el BOSU® y TRX®, tendría un efecto similar al causado por la carga externa y los movimientos unilaterales desplazando el centro de gravedad, de los ejercicios seleccionados en el entrenamiento tradicional.

Otro aspecto novedoso de este estudio, en cuanto a resultados, es el aumento de los niveles de potencia y velocidad en el programa de entrenamiento en condiciones de inestabilidad. Sin producirse diferencias entre ambos grupos experimentales, se verificaron interesantes incrementos significativos en los niveles de potencia y velocidad en la SC y PB, siendo especialmente considerables en el PP de la SC.

Sin duda alguna, las adaptaciones de fuerza, potencia y velocidad están condicionadas por la intensidad de la resistencia establecida³²². Una de las principales teorías que se barajan en torno al entrenamiento en condiciones de inestabilidad, es que se obtienen adaptaciones similares de fuerza al entrenamiento en condiciones de estabilidad, con el uso de cargas resistidas más

ligeras¹⁵³. El entrenamiento inestable se caracteriza por una mayor activación de la musculatura del tronco^{147,158} y un incremento de la activación electromiográfica de la musculatura de las extremidades, igual^{142,500} o mayor^{156,157} a un entorno de estabilidad. Podría ser que las adaptaciones del sistema neuromuscular se vieran favorecidas en mayor medida, que el entrenamiento en condiciones de estabilidad, contribuyendo al desarrollo de la fuerza. A pesar de lo positivo de estos aspectos, no parecen ser suficientes argumentos como para incrementar los niveles de potencia¹⁷³. El entrenamiento en un contexto de inestabilidad podría ser un factor limitante en la expresión de la potencia y velocidad, y en teoría estos estímulos no serían idóneos para mejorar el rendimiento en patrones motores específicos.

El incremento de la potencia muscular en el entrenamiento con resistencias va a depender principalmente de los ejercicios propuestos, la carga estipulada y de la velocidad de ejecución de los mismos. La literatura científica indica diversas tendencias para mejorar la potencia muscular en el RT.

- Cargas ligeras con velocidad de ejecución alta⁷⁸. En el ámbito del entrenamiento son conocidas como explosivo balísticas.
- Cargas elevadas a velocidad de ejecución lenta^{78,501}, denominadas explosivo tónicas.
- Otros autores recomiendan la alternancia de ambos métodos³⁹³.

Podemos aseverar que los incrementos de la potencia muscular en la ecuación $P=FxV$, se podrían conseguir mejorando cualquiera de estos factores, la Fuerza (F) y/o la velocidad de movimiento (V). Las cargas más pesadas mejorarán en mayor medida la P mediante el factor F, y las más ligeras a través del componente V.

Resulta fundamental realizar los ejercicios a una velocidad explosiva para aumentar la producción de fuerza rápida, ya sea utilizando cargas pesadas^{78,393,501} (85-100% de 1RM) y/o ligeras o moderada^{78,393} (30-80% de 1RM). Por tanto, podríamos dilucidar que si el desarrollo de la potencia ante una determinada resistencia se consigue aumentando la velocidad de movimiento, probablemente, si pretendemos mejorar los niveles de potencia en un entorno de inestabilidad, quizás sería conveniente aplicar una mayor velocidad de ejecución. Recordemos que la mayoría de los estudios han mostrado cómo los programas de entrenamiento en un entorno de inestabilidad no favorecen el desarrollo de la potencia^{171,173}, posiblemente porque los patrones motores son aprendidos y desarrollados a velocidades lentas e inespecíficas^{262,502}. Este aspecto podría ser debido a un aumento en la rigidez de las articulaciones que realizan la acción⁵⁰³, afectando negativamente a la magnitud y la velocidad de los movimientos voluntarios⁵⁰⁴. Uno de los mayores enigmas en todo proceso de entrenamiento, se fundamenta en cómo lograr transferir las ganancias de fuerza y potencia hacia patrones motores específicos. Este es un problema significativo debido a que una mejora en el rendimiento requiere un alto nivel de

especificidad del entrenamiento⁵⁰⁵.

El entrenamiento con inestabilidades se caracteriza por trabajar, normalmente, con autocargas utilizando el propio peso corporal del individuo. En función de las posiciones que adoptemos y del grado de inestabilidad, se dificultará en mayor o menor medida el ejercicio, aumentando o disminuyendo la intensidad de trabajo. En la medida en la que los participantes se adaptan al grado de inestabilidad o carga, podría ser interesante incrementar la velocidad de ejecución de las acciones musculares, simulando patrones motores específicos. Quizás estas ganancias de potencia y fuerza muscular con aparatos que conllevan inestabilidad podrían ser transferibles a patrones motores específicos.

El ACSM (2002)³⁹⁴ recomienda el "principio de especificidad" para mejorar el rendimiento motor. Mediante el uso de este tipo de aparatos (BOSU® y TRX®) se podrían imitar patrones de movimiento que se efectúan en muchas modalidades deportivas y acciones de la vida cotidiana, satisfaciendo así los criterios establecidos para la formación específica. Los ejercicios propuestos serían multiarticulares, sin sobrecargas o con cargas ligeras o moderadas que podrían ser llevados a cabo a altas velocidades en condiciones inestables.

Con respecto a la capacidad de salto se han conseguido los incrementos más notables y sorprendentes, ya que muchos de los participantes practicaban modalidades deportivas como el baloncesto, el voleibol y balonmano, donde el salto es una de las acciones motrices específicas principales.

Cuando realizamos ejercicios isocinéticos y dinámicos en las extremidades inferiores, el desarrollo de la fuerza se correlaciona positivamente con la altura en el salto vertical^{506,507}. Varios estudios han reportado mejoras significativas en el salto vertical tras el entrenamiento con resistencias en las extremidades inferiores^{73,210}.

Además, los ejercicios multiarticulares similares a los realizados en el levantamiento olímpico, ejecutados a alta velocidad, han evidenciado mejorar la capacidad de salto, debido posiblemente a factores neuromusculares relacionados con la coordinación intermuscular e intramuscular⁸⁶.

Sin embargo, sigue habiendo controversias con respecto a qué tipo de cargas (ligeras, moderadas, elevadas) son las idóneas para producir mayores incrementos en el salto. Los estudios al respecto manifiestan aumentos significativos en la altura de vuelo usando cargas ligeras^{77,84} (<60% 1RM) y altas⁷³ (>80% 1RM). Las cargas ligeras utilizadas en el GT y el grado de inestabilidad producido en el GI han mejorado en gran medida la capacidad de salto en nuestros participantes. Probablemente, el hecho de que se haya mejorado la fuerza y potencia de las extremidades inferiores pudo ser el principal detonante para que se produjeran incrementos significativos en la capacidad de salto⁷⁷.

Sin embargo, siendo críticos con ambos programas de entrenamiento, a pesar de aumentar la fuerza, velocidad, potencia muscular y capacidad de salto, no se establecieron un número de repeticiones (15RM) y tiempos de recuperación

ideales (debido a que además había objetivos cardiovasculares). Para minimizar estos aspectos se tuvieron en consideración tres componentes fundamentales en el diseño del programa de entrenamiento. El primero relacionado con el entrenamiento en circuito, porque es una metodología adecuada para la combinación de ejercicios alternando extremidades superiores e inferiores, evitando el efecto de la fatiga sobre los mismos grupos musculares, sin comprometer la producción de fuerza y potencia³⁶⁶. En segundo lugar la ya comentada velocidad de ejecución, siempre y cuando los ejercicios sean realizados con una adecuada ejecución técnica. El tercer componente es el control de la intensidad. Ésta fue monitorizada utilizando la RPE, con el fin de mantener una percepción subjetiva similar en ambos programas de entrenamiento.

Los modelos de progresión en el entrenamiento con resistencias para adultos sanos, indican que un concepto fundamental de la evolución de los programas de entrenamiento de fuerza es la sobrecarga progresiva³⁹³. Las resistencias aplicadas en superficies inestables como el BOSU® o TRX® son "autocargas" (cargas provocadas por el propio peso del cuerpo). El efecto producido por las autocargas junto con la desestabilización originada por este tipo de aparatos, puede implicar un estímulo similar al del entrenamiento de fuerza tradicional con resistencias moderadas. En este estudio, las cargas de trabajo en el GI se aumentaron progresivamente atendiendo a dos criterios: 1) los cambios de posición del cuerpo, es decir, tratando de desplazar el centro de gravedad fuera

de la base de sustentación. 2) Incrementando la inestabilidad utilizando un mayor número de aparatos inestables.

En los programas de entrenamiento de fuerza tradicionales las modificaciones de la carga son más fáciles de pautar, ya que dependen de la resistencia a vencer. Sin embargo, en el entrenamiento con inestabilidades resulta más complejo utilizar parámetros que nos ayuden a controlar y precisar la carga que estamos aplicando en el entrenamiento. De momento no se han utilizado medidas que cuantifiquen la cantidad y la calidad de los estímulos de una forma objetiva. Por todo ello, sería recomendable buscar nuevos procedimientos que complementen y contribuyan a mejorar el control de los estímulos, habitualmente utilizados en el entrenamiento en un entorno inestable (peso y posición corporal).

Uno de estos métodos podría ser la escala de esfuerzo percibido (RPE), que relaciona la sensación de esfuerzo que percibe el deportista durante el entrenamiento dándole un valor numérico. Diversas investigaciones han mostrado la eficacia de este método de control del entrenamiento, siendo aplicado a un amplio rango de ejercicios y sesiones de entrenamientos con resistencias^{385,396}. Es un método fiable³⁸⁸ para la prescripción de las cargas de entrenamiento, sobre todo si es apoyado y generamos una simbiosis con los principios que rigen el incremento progresivo de las sobrecargas⁴⁵².

La igualdad de los resultados cosechados en las pruebas de evaluación, nos da pie a interpretar la similitud de los estímulos percibidos por los participantes en

ambos programas de entrenamiento. Probablemente, la RPE haya sido otro de los factores claves para el adecuado control de los ejercicios con aparatos inestables, donde la cuantificación de la carga resulta subjetiva.

Para finalizar esta discusión destacamos dos ideas que consideramos esenciales. En primer lugar, el efecto similar producido por ambos programas de entrenamiento podría interpretarse como que el entrenamiento con inestabilidades produce adaptaciones análogas al entrenamiento tradicional con resistencias. Por tanto, podrían ser utilizados con la misma eficacia en jóvenes sanos, activos, para la mejora de la condición física, salud y la capacidad funcional. El entrenamiento en un entorno de inestabilidad utiliza sobrecargas externas inferiores^{142,327}, logrando una similar activación muscular³²⁷. Por lo tanto, su uso podría ser más ventajoso que el entrenamiento tradicional en condiciones estables, ya que podría prevenir en mayor medida las lesiones músculo-tendinosas y articulares^{163,508}.

En segundo lugar, aunque los participantes eran hombres jóvenes activos y saludables que participaban en ligas amateurs, no eran atletas profesionales. Por tanto, los datos no son extrapolables a este colectivo de deportistas. Los resultados obtenidos en este estudio albergan una intrigante aportación del entrenamiento con aparatos que producen inestabilidad en patrones motores específicos de muchos deportes y actividades de la vida diaria. El incremento de la velocidad de ejecución de los ejercicios en la medida en la que son aprendidos,

además de mejorar la activación de la musculatura del tronco y de las extremidades, podría favorecer el reclutamiento de las fibras del tipo II, contribuyendo al desarrollo de la velocidad y la potencia.

Otras investigaciones deben llevarse a cabo en este sentido con atletas de alto nivel, experimentando con aparatos que producen inestabilidad y seleccionando estímulos más específicos.

CAPÍTULO XV: DISCUSIÓN SOBRE EL MODELO DE PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO

Analizando los resultados de los dos capítulos anteriores sobre la discusión de las variables de fuerza y cardiorrespiratorias, podemos aseverar que la aplicación de un modelo experimental de prescripción del ejercicio combinando la RPE y los elementos esenciales que imperan en el proceso de entrenamiento, aplicado a dos métodos diferentes de entrenamiento con resistencias en circuito (tradicional e inestabilidades), permite optimizar el estado de condición física y saludable, mediante el desarrollo de la fuerza y de la función cardiorrespiratoria. Al inicio del estudio, uno de los objetivos que nos planteamos fue implantar un modelo de prescripción del ejercicio que involucrara a los participantes. Por ello, se seleccionó la RPE como herramienta básica de referencia para prescribir la intensidad o el incremento de la carga. Nadie mejor que los deportistas para interpretar el efecto de las cargas en su cuerpo. Esta información puede ser muy valiosa para un adecuado desarrollo de los programas de entrenamiento a largo plazo, y quizá sea un incentivo más para fomentar la participación de los sujetos, sin que se produzca un abandono prematuro.

Por los resultados obtenidos tan parecidos en los grupos experimentales en todas las variables medidas de fuerza y cardiorrespiratorias, además de la igualdad en la RPE de los ejercicios en ambos programas al final del proceso de entrenamiento, consideramos que la RPE ha sido un factor clave para la

prescripción y control de los estímulos.

Múltiples investigaciones demuestran la necesidad de realizar programas de entrenamiento a largo plazo para obtener los beneficios deseados^{198,199,302,509} (salud, imagen corporal, rendimiento, etc.), siendo fundamentales los incrementos paulatinos de los estímulos aplicados.

Los modelos de progresión en el entrenamiento de fuerza en adultos sanos, apuntan la necesidad de incrementar la carga gradualmente para desarrollar la fuerza³⁹³. Cuando hacemos alusión al entrenamiento con resistencias podríamos definir diversas formas de incrementar los estímulos. Las más habituales son las cargas añadidas, comúnmente conocidas como “sobrecargas”. Cuando se diseñaron ambos programas de entrenamiento uno de los objetivos era incrementar paulatinamente la intensidad, evitando el posible estancamiento que produce la repetición de estímulos a largo plazo y la autoprescripción de la intensidad^{289,290,510}, muy habitual en el ámbito del fitness. Por ello, la carga y/o la densidad era incrementada semanalmente aproximadamente entre un 2.5% y 10%⁴⁵², dependiendo en todo momento de la RPE de los sujetos en cada ejercicio.

La RPE media de los ejercicios en el programa de entrenamiento tradicional al inicio del mismo fue de 5.86 y al final 7.81. El incremento gradual y progresivo semanal de las sobrecargas fue correspondido con una mayor percepción del esfuerzo, pasando de estímulos algo duros al inicio del programa, a casi muy duros al finalizar el mismo³⁸⁸. Por tanto, una de las principales premisas que

debe de cumplir el programa de entrenamiento se vio cumplida.

Otro de los aspectos que nos queda por aclarar, es si esta fórmula de prescripción del ejercicio se adapta en los mismos términos al programa de entrenamiento con inestabilidades. En la actualidad, los aparatos que generan inestabilidad y que son muy populares dentro del mundo del fitness, permiten realizar ejercicios específicos que en muchas ocasiones poco tienen que ver con ejercicios tradicionales con barras, mancuernas o máquinas de musculación. A diferencia del entrenamiento con sobrecargas, pautar los incrementos en la intensidad resulta más complejo.

Como ya comentamos anteriormente, no hay medidas objetivas que realmente cuantifiquen la intensidad de esfuerzo que está siendo realizada. Aún es menos habitual encontrar un sistema de periodización a corto, medio y largo plazo que produzca un incremento progresivo de los estímulos, con cargas objetivas dentro del entrenamiento con inestabilidades. Es por ello, por lo que se consideró la RPE como una herramienta esencial para la prescripción del ejercicio. Evidentemente, se debía implantar el mismo diseño de periodización para ambos programas de entrenamiento.

Cuando se comenzó el diseño del programa de entrenamiento con inestabilidades, la idea de cómo implantar la intensidad de trabajo se ceñía, fundamentalmente, a dos criterios:

- 1) Cambios de posición corporal para aumentar la inestabilidad, es decir, buscar

que el centro de gravedad se alejara de la base de sustentación.

2) Añadir más inestabilidad, alterando la velocidad de ejecución y añadiendo el otro aparato.

Como la RPE de los participantes al inicio del programa de entrenamiento fue elevada (7.06), tuvimos que ser muy cuidadosos en los incrementos de intensidad de los ejercicios, para no dificultar y endurecer más aún el programa de entrenamiento. Llegar a límites de RPE próximos a 9-10 en el entrenamiento con resistencias, donde la intensidad de ejercicio es casi máxima o extrema, no permite mantener la continuidad de ejercicio en el tiempo reduciendo la capacidad adaptativa cardiovascular^{112,113,511}.

En la medida en la que los participantes se adaptaban a los ejercicios se incrementaba la velocidad de ejecución y el grado de inestabilidad. Como la densidad de entrenamiento se aumentaba cada semana, se garantizaba el incremento gradual y progresivo de los estímulos.

Este es otro de los aspectos positivos que la RPE aporta al entrenamiento, sobre todo en sus estadios iniciales, proporcionando información muy valiosa que nos permite conocer si el estímulo es nulo, suficiente o excesivo.

La percepción inicial del esfuerzo en el entrenamiento con inestabilidades fue de 7.06 y al final de 7.67; la RPE se mantuvo en un rango de “duro” a “muy duro”.

Comparando ambos programas de entrenamiento, podríamos dilucidar que si la

RPE inicial de los deportistas en el entrenamiento tradicional fue de 5.86, es posible que al comienzo del programa los ejercicios con inestabilidades hayan sido más intensos, a pesar de diseñar ejercicios similares en ejecución e implicación de los mismos grupos musculares.

Al ser dos programas de entrenamiento diferentes, resulta muy interesante e importante analizar el efecto que produce la aplicación de una misma metodología de prescripción del ejercicio. A pesar de utilizar disímiles medios, aparatos y ejercicios, y que probablemente estos factores condicionaran la RPE inicial en ambos programas, se consigue asemejar la RPE (7.81/7.67) a la finalización del proceso de entrenamiento. Quizás, este aspecto corrobore los resultados tan similares que se han conseguido entre ambos programas de entrenamiento en las variables evaluadas de fuerza, capacidad de salto y cardiorrespiratorias. Probablemente esta forma de pautar y controlar la intensidad, el volumen y los periodos de recuperación en ambos programas de entrenamiento, conlleve similares adaptaciones neurales, musculares^{227,395,441} y cardiovasculares¹⁰⁸. La RPE fue un factor determinante para asemejar el proceso de prescripción del ejercicio utilizando diferentes medios.

Otro de los aspectos interesantes a discutir, es relativo a la forma de cómo fue establecida la carga inicial. Durante las dos primeras semanas el participante se autoprescribía las cargas de entrenamiento. En el entrenamiento tradicional con sobrecargas es habitual pautar las sobrecargas en función del 1RM. Por decirlo de una forma trivial y sencilla, buscamos el punto más alto de carga para

establecer mediante porcentajes, cargas más bajas que serán utilizadas en cada momento en función del objetivo perseguido.

La evaluación de la RM ha sido considerada como válida y fiable²⁸¹. Sin embargo, algunos autores como Brown y Weir (2001)²⁸² se muestran reticentes a su utilización, opinando que estas mediciones pueden verse afectadas por la fatiga muscular dejando de ser consideradas como una medida de la fuerza muscular. Cuando hablamos de salud consideramos que esta metodología de pautar las cargas de entrenamiento no es la más idónea. Primeramente, porque el hecho de buscar el punto máximo de una carga puede ser contraproducente para principiantes, por el riesgo que conlleva someter a determinadas articulaciones, músculos y tejidos conectivos a una tensión excesiva³²² y no habitual. Además, teniendo presente el nº de ejercicios que van a realizar en el programa de entrenamiento, resulta engorroso tener que efectuar tantas pruebas, no siendo recomendable la valoración del RM en la mayoría de ejercicios complementarios, debido al ya comentado riesgo de lesión²³⁶.

En el caso del entrenamiento con inestabilidades este aspecto resulta más complejo aún, puesto que es más difícil cuantificar la intensidad de ejercicios que utilizan inestabilidad y el peso corporal, no pudiendo ser utilizado el RM.

Por todo ello, hemos intentando buscar una fórmula para cuantificar los esfuerzos, sobre todo sencilla y adaptada a las exigencias neuromusculares y cardiovasculares de los participantes durante todo el proceso de entrenamiento.

A pesar de utilizar la RPE como medio elemental para la prescripción de la

intensidad del ejercicio, la consideramos insuficiente. Es muy habitual observar cómo los practicantes del ámbito del fitness se autoprescriben los estímulos de entrenamiento. Realmente, podríamos decir que perciben un esfuerzo y a partir de esa apreciación se autoprescriben las cargas. En diversas investigaciones se demuestra cómo la intensidad autoaplicada suele ser inferior a la recomendada^{289,290}. Por ello, uno de los principios fundamentales que deben cumplir los programas de entrenamiento para asegurar su efectividad, se cimienta en el umbral del estímulo o esfuerzo al que se somete al sujeto. Para asegurar adaptaciones adecuadas de carácter neuromuscular y garantizar el desarrollo de la fuerza y otros beneficios reportados por el entrenamiento con resistencias, la intensidad de los estímulos planteados debe estar por encima del umbral mínimo de esfuerzo²¹⁵. Uno de los investigadores valoraba la información aportada por los deportistas en cada ejercicio, con el fin de modular la intensidad idónea y necesaria para aplicar un estímulo suficiente y no excesivo.

Por estas razones abogamos por esta forma de prescribir el ejercicio combinando la RPE y los principios de modulación e incremento de los estímulos, aplicando la misma fórmula a dos programas de entrenamiento de fuerza diferentes.

SECCIÓN VII

CONCLUSIONES,
LIMITACIONES Y
PERSPECTIVAS FUTURAS
DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO XVI: CONCLUSIONES

En este apartado se muestran las conclusiones más interesantes, elaboradas durante el proceso de discusión del presente documento.

1. La aplicación de un modelo experimental de prescripción del ejercicio combinando la RPE y los principios del entrenamiento, permite optimizar el estado de condición física y saludable.

a. Se producen mejoras en las variables evaluadas de fuerza y capacidad de salto en ambos programas de entrenamiento.

- i. El entrenamiento tradicional en circuito con pesos libres y máquinas ha mostrado su eficacia, mejorando las capacidades relacionadas con la fuerza de las extremidades superiores e inferiores (1RM), potencia media y pico, velocidad media y pico, y capacidad de salto.
- ii. Las dudas que generaba el entrenamiento en circuito con aparatos que producen inestabilidad en el desarrollo de 1RM, potencia media y pico, velocidad media y pico, y capacidad de salto han sido disipadas, mostrando su efectividad en la misma medida que el entrenamiento en circuito tradicional con pesos libres y máquinas.
- iii. Estos resultados no obvian las posibilidades que podría ofrecer otra metodología de entrenamiento más específica, posiblemente con

mejores resultados. Los datos no son extrapolables a deportistas de alto rendimiento.

b. Se produce una mejora general de las variables cardiorrespiratorias evaluadas, siendo las adaptaciones provocadas por ambos programas de entrenamiento similares.

- i. Los estímulos pautados resultaron insuficientes como para mejorar el consumo de oxígeno máximo y la ventilación.
- ii. Las mejoras relacionadas con el desarrollo de la resistencia cardiorrespiratoria se producen principalmente por una mejora en la economía del esfuerzo en intensidades de primer y segundo umbral.
- iii. En sujetos con una aptitud cardiorrespiratoria tan desarrollada, los estímulos específicos relacionados con el desarrollo de la resistencia (carrera, ciclismo, etc.) se antojan esenciales.
- iv. A la hora de evaluar las adaptaciones cardioventilatorias posteriores a un proceso de entrenamiento de fuerza con resistencias o en condiciones de inestabilidad, quizás sería conveniente aplicar test específicos, en vez de utilizar protocolos incrementales en tapiz rodante o cicloergómetro.

c. La RPE es una herramienta muy adecuada para utilizar en la prescripción del ejercicio, sobre todo si se tienen en consideración los factores que

condicionan todo proceso de entrenamiento (principios, componentes de la carga, etc.).

- i. La información que reporta la RPE a los entrenadores es esencial, sobre todo en ejercicios como los de inestabilidad donde la cuantificación de la carga resulta subjetiva.
- ii. Todo proceso de entrenamiento tiene un componente psicológico que no debe ser despreciado, ya que cada persona se manifiesta psicológicamente de forma diferente ante un estrés físico determinado.
- iii. Esta forma de prescribir el ejercicio sirvió para asemejar dos programas de entrenamiento utilizando aparatos diferentes y con una RPE inicial diferente. Quizás por ello, los resultados obtenidos en ambos programas de entrenamiento sean tan parecidos.
- iv. El Volumen e Intensidad Percibida (VIP), el Tiempo de Recuperación Percibido (TRP) y la Densidad Percibida (DP) han resultado ser instrumentos muy útiles para prescribir cargas de entrenamiento y adecuarlas a un proceso periodizado a partir de la percepción subjetiva del esfuerzo.

CAPÍTULO XVII: LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS DE ESTUDIO

1. LIMITACIONES

La principal limitación que nos hemos encontrado en este estudio, ha sido el nº de participantes de la muestra. Como se indica con la potencia estadística, la muestra es suficiente en la mayoría de los variables analizadas en las que se aprecian diferencias significativas. Sin embargo, en algunas de las variables cardiorrespiratorias (VT_1 y VT_2) y de fuerza en el ejercicio PB, se observa como la potencia estadística está levemente por debajo del rango considerado como alto ($1 - \beta \geq 0.8$).

Otra posible limitación en este tipo de estudios está relacionada con el cálculo del 1RM. Es habitual observar protocolos incrementales hasta el fallo para determinar el 1RM, en teoría de una forma más precisa. En nuestro estudio abogamos por las estimaciones y las cargas consideradas como submáximas (\leq al 85% de 1RM). La justificación es la siguiente. Al igual que un halterófilo Olímpico selecciona sus cargas en la competición y no las levanta porque ve modificado su 1RM, por diversos factores que no son motivo de análisis en este estudio, con más razón un deportista principiante podría ver alterado su 1RM, si utilizamos cargas progresivas hasta el fallo. Como muy bien determinan (Brown y Weir (2001)²⁸², las mediciones podrían verse afectadas por la fatiga producida en sujetos no habituados a levantar pesos tan elevados. Por ello, se optó por un

proceso de evaluación de 1RM, mediante estimaciones utilizando una metodología fiable con instrumentos previamente validados. Si además, estamos hablando de una metodología de valoración enfocada a la mejora de la salud, donde la utilización de este tipo de sobrecargas máximas podría presentar un mayor inconveniente (lesiones) en otros sectores de la población (adultos/as, tercera edad, etc.), probablemente, las estimaciones del 1RM tendrán una mayor importancia.

2. PERSPECTIVAS FUTURAS DE ESTUDIO

Sería muy interesante poder aplicar este modelo experimental de prescripción del ejercicio a otros sectores de la población (niños/as, sedentarios, patologías, tercera edad, mujeres) donde posiblemente la incidencia en los factores relativos a las mejoras de la condición física sean más evidentes y determinantes.

¿Y aplicado al rendimiento deportivo, asemejando otros patrones motores específicos requeridos en las modalidades deportivas?

A su vez, podría ser apropiado analizar los efectos de esta metodología de prescripción del ejercicio en todas las capacidades condicionales del entrenamiento por independiente o combinándolas. Un aspecto importante en un programa de entrenamiento debe ser la versatilidad.

Muchas de las actividades del fitness adolecen de una fórmula de cuantificación de los estímulos. Podría ser muy beneficioso plantear un modelo de prescripción

de ejercicio que garantice una progresión gradual de los estímulos, mediante la percepción que los participantes tienen del esfuerzo realizado.

Se ha utilizado la RPE como instrumento para la modulación de las cargas. Previamente hemos analizado cómo la RPE se asocia al disfrute de las personas cuando estas realizan ejercicio. El disfrute es un indicador básico de adherencia a la práctica de actividades físicas y deportivas. Por ello, sería muy interesante evaluar los efectos del programa de entrenamiento desde una perspectiva psicológica, cuantificando la adherencia que podría llegar a inducir la participación activa de los sujetos en la modulación de las cargas, selección de los ejercicios, etc.

SECCIÓN VIII

Bibliografía

CAPÍTULO XVIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
2. Sporting Goods Manufacturers Association. Sports participation in America. Available at: [http://www.sgma.storelistitem.cfm? Itemnumber 189](http://www.sgma.storelistitem.cfm?Itemnumber 189), Accessed December 2006.
3. International Health, Racquet, and Sportsclub Association. Available at: [http://cms.ihrsa.org/index.cfm?fuseaction=Page.viewPage&pageId=18420 &nodeId=15](http://cms.ihrsa.org/index.cfm?fuseaction=Page.viewPage&pageId=18420&nodeId=15). Accessed January 8, 2009.
4. McAuley E, Poag K, Gleason A, Wraith S. Attrition from exercise programs: Attributional and affective perspectives. *Journal of Social Behavior and Personality*. 1990; 5: 591-602.
5. García Ferrando M. Posmodernidad y deporte: Entre la individualización y la masificación. Encuesta sobre hábitos deportivos de los españoles 2005. Madrid: CSD y CIS, 2006.
6. Navarro N, González-Cutre D, Marcos PJ, Borges F, Hernández A, Vera JA, Moreno J A. Perfiles motivacionales en la actividad física saludable: un estudio desde la perspectiva de la teoría de la autodeterminación. En *Actas del XI Congreso Nacional, XI Andaluz y III Iberoamericano de Psicología de la*

- Actividad Física y del Deporte. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide, 2008.
7. Scanlan T, Simons J. The construct of sport enjoyment. En GC Roberts (Ed.): Motivation in sport and exercise. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1992.
 8. Frederick CM, Schuster-Schmidt H. Competition and intrinsic motivation in physical activity: A comparison of two groups. J Sport Behavior. 2003; 16: 124-146.
 9. Sweet TW, Foster C, Mcguigan MR, Brice G. Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. J Strength Cond Res. 2004; 18(4): 796-802.
 10. Newton, I. Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica. Samuel Pepys, Londres, 1687.
 11. González Badillo JJ, Gorostiaga E. Fundamentos del entrenamiento de la Fuerza. Máster Alto Rendimiento Deportivo. Universidad Autónoma de Madrid-COES, 1996.
 12. Mcginnes S. How objective is object-oriented analysis? Proceedings of the CAISE'92 Advanced Information Systems Engineering, 1992.
 13. Luttgens K, Wells K. Kinesiología. Bases científicas del movimiento humano. Madrid: Augusto E. Pila Teleña, 1982.
 14. Harre D, Hauptmann M. La capacidad de la fuerza y su entrenamiento. RED,

- 7(1), 1994.
15. Kroemer KHE. Assesment of human strength for engineering purposes: a review of the basis. *Ergonomics*. 1999; 42(1): 74-93.
 16. Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of Sports and Exercise*. Champaign, IL.: Human Kinetics, 1999.
 17. Abernethy B, Kippers V, Mackinnon LT, Neal RJ, Hanrahan S. *The Biophysical Foundations of Human Movement*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1997.
 18. Goldspink G. Cellular and molécular aspects of adaptations in skeletal muscle. In P. Komi (Ed.). *Strength and power in sport*. Blackwell Scientific Publication, London, 1992; 211-229.
 19. Semmler JG, Enoka RM. Neural contributions to changes in muscle strength. In V. Zatsiorski (Ed). *Biomechanics in sport*. London, Blackwell, 2000; 3-20.
 20. González Badillo JJ, Ribas Serna J. *Bases de la programación del entrenamiento de Fuerza*. Barcelona: Inde, 2002.
 21. Kuznetsov VV. *Metodologia del entrenamiento de la fuerza para deportistas de alto nivel*. Buenos Aires: Stadium, 1989.
 22. Ehlenz H, Grosser M, Zimmerman E. *Entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: Martinez Roca, 1990.
 23. Manno R. *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo,

- 1991.
24. Zatsiorsky V. Science and practice of strength training. Champaign, IL: Human Kinetics, 1995.
25. Hartman J, Tünnemann H. Entrenamiento moderno de la fuerza. Barcelona: Paidotribo, 1996.
26. Bompa TO. Periodizacion of Strength. Toronto, ON: Veritas Publishing, 1993.
27. Tous J. Nuevas tendencia en el entrenamiento de fuerza y musculación. Barcelona: Ergo, 1999.
28. Siff M, Verkhoshansky YV. Supertraining. Special Strength Training for Sporting Excellence. Sports Training Co.: Escondido, CA, 1996.
29. Weineck J. Entrenamiento óptimo. Barcelona: Hispano Europea, 1988.
30. González Badillo JJ, Gorostiaga E. Fundamentos del entrenamiento de la Fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. Barcelona: INDE, 1995.
31. Grosser M, Müller H. Desarrollo muscular. Barcelona: Hispano Europea, 1989.
32. Knutgen HG, Kraemer WJ. Terminology and measurement in exercise performance. J Appl Sports Sci Res. 1987; 1: 1-10.
33. Knuttgen HG, Komi PV. Basic definitions for exercise. In: Komi, P.V. Strength and Power in Sport. London: Blackwell Scientific Publications, 1992.

34. Kent M. The Oxford Dictionary of Sports Science and Medicine. New York: Oxford University Press, 1994.
35. Garhammer J. Weightlifting and training. In: Biomechanics of sport. Eds: Vaughn, C. L. Boca Raton, FL: CRC press, 1989.
36. Balk A. Entrenamiento de Fuerza: Ejercicios con Máquinas que no dañan la Columna Vertebral. Barcelona: Editorial Paidotribo, 1994.
37. Benito PJ, Martínez IG . Curso on-line estabilidad central y equilibrio. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte. Universidad Politécnica de Madrid, 2009.
38. Hernando Castañeda G, Cañadas M, Barrejón A. Materiales inestables en entrenamiento personal, en Nuevas tendencias en entrenamiento personal. Badalona: Paidotribo, 2009.
39. Isidro F, Heredia JR, Chulvi I. Entrenamiento funcional: Revisión y replanteamientos. En Isidro, F, Heredia JR, Pinsach P, Ramón M. Manual del entrenador personal del fitness al wellness. Barcelona: Paidotribo, 2007.
40. Goldberg AL, Etlinger JD, Goldspink LF, Jablecki C. Mechanism the work induced hypertrophy of skeletal muscle. Med Sci Sports Exerc. 1975; 7: 248-261.
41. Sale DG, MacDougall JD, Alway SE, Sutton JR. Voluntary strength and muscle characteristics in untrained men and women and bodybuilders. J Appl

- Physiol. 1987; 62: 1786-1793.
42. MacDougall JD, Sale DG, Moroz JR, Elder GCB, Sutton JR, Howald H. Mitochondrial volume density in human skeletal muscle following heavy resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 1979; 11(2): 164-66.
43. Penman K. Ultrastructural changes in human striated muscle using three methods of training. *Res Q.* 1969; 40: 764-772.
44. Goldspink G. The combined effects of exercises and reduced food intake on skeletal muscle fiber. *J Cell Comp Physiol.* 1964; 63: 209-216.
45. Gordon E. Anatomical and biochemical adaptations of muscle to different exercises. *J Am Med Assoc.* 1967; 201: 755-758.
46. Sale DG. Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 20 (suppl.): S135-S145.
47. Staron RS, Karapondo DL, Kraemer WJ, Fry AC, Gordon SE, Falkel JE, Hagerman FC, Hikida RS. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J Appl Physiol.* 1994; 76(3): 1247-1255.
48. Staron RS, Leonardi MJ, Karapondo DL, Mallicky ES, Falkel JE, Hagerman FC, Kikada RS. Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance trained women after detraining and retraining. *J Appl Physiol.* 1991; 70:631-

640.

49. Poulmedis P, Rondoyannis G, Mitsou A, Tsarouchas E. The influence of isokinetic muscle torque exerted in various speeds of soccer ball velocity. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1988; 10: 93–96.
50. Giorgi A, Wilson GJ, Weatherby RP, Murphy AJ. Functional isometric weight training: its effects on the development of muscular function and the endocrine system over an 8-week training period. *J Strength Cond Res.* 1998; 12: 18–25.
51. Gibala MJ, Interisano SA, Tarnopolsky MA, Roy BD, MacDonald JR, Yarasheski KE, MacDougall JD. Myofibrillar disruption following acute concentric and eccentric resistance exercise in strength trained men. *Can J Physiol Pharmacol.* 2000; 78: 656–61.
52. Shinohara M, Kouzaki M, Yoshihisa T, Fukunaga T. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *Eur J Appl Physiol.* 1998; 77: 189–91.
53. McCall GE, Byrnes WC, Dickinson A, Pattany PM, Fleck SJ. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J Appl Physiol.* 1996; 81: 2004–12.
54. Fujita S, Dreyer HC, Drummond MJ, Glynn EL, Cadenas JG, Yoshizawa F, Volpi E, Rasmussen BB. Nutrient signaling in the regulation of human muscle

- protein synthesis. *J Physiol.* 2007; 582: 813–23.
55. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med.* 2005; 35: 339–61
56. Gonyea WJ. The role the exercise in inducing skeletal muscle fiber number. *J Appl Physiol* 1980; 48(3): 421-426.
57. Ho K, Roy R, Taylor J, Heusner W, Van Huss W, Carrow R. Muscle fiber splitting with weightlifting exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1977; 9(1): 65.
58. MacDougall JD, Elder GCB, Sale DG, Sutton JR. Effects of strength training and immobilization on human muscle fibers. *Eur J Appl Physiol.* 1980; 43: 25-34.
59. Tesch PA, Larson L. Muscle hypertrophy in bodybuilders. *Eur J Appl Physiol.* 1982; 49: 310.
60. MacDougall JD, Sale DG, Alway SE, Sutton JR. Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects. *J Appl Physiol.* 1984; 57: 1399-1403.
61. MacDougall JD, Sale DG, Elder GCB, Sutton JR. Ultrastructural properties of human skeletal muscle following heavy exercise and immobilization. *Med Sci Sports Exerc.* 1976; 8(1): 72.
62. Hickson R. Interference of strength development by simultaneous training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol.* 1980; 45: 255-263

63. Moritani T, De Vries H. Neural factors vs hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med.* 1979; 58: 115–30.
64. Phillips SM. Short-term training: when do repeated bouts of resistance exercise become training?. *Can J Appl Physiol.* 2000; 25: 185–93.
65. Henneman E, Somjen G, Carpenter D. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *J Neurophysiol.* 1965; 28: 560–80.
66. Coburn JW, Housh TJ, Malek MH, et al. Neuromuscular responses to three days of velocity-specific isokinetic training. *J Strength Cond Res.* 2006; 20: 892–8.
67. Sakamoto A, Sinclair PJ. Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. *J Strength Cond Res.* 2006; 20: 523–7.
68. Alway SE, Grumbt WH, Gonyea WJ, Stray-Gundersen J. Contrasts in muscle and myofibers of elite male and female bodybuilders. *J Appl Physiol.* 1989; 67: 24–31. 6.
69. Kawakami Y, Abe T, Fukunaga T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J Appl Physiol* 1993; 74: 2740–4.
70. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sport Exerc.* 2004; 36: 674–8.

71. Gulch RW. Force-velocity relations in human skeletal muscle. *Int J Sports Med.* 1994; 15(Suppl): S2–10.
72. Knapik JJ, Mawdsley RH, Ramos MU. Angular specificity and test mode specificity of isometric and isokinetic strength training. *J Orthop Sports Phys Ther* 1983; 5: 58–65.
73. Adams KJ, O'Shea JP, O'Shea KL, Climstein M. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J Appl Sport Sci Res.* 1992; 6: 36–41.
74. Glowacki SP, Martin SE, Maurer A, et al. Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36: 2119–27.
75. Kraemer WJ, Nindl BC, Ratamess NA, et al. Changes in muscle hypertrophy in women with periodized resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36: 697–708.
76. Wilson GJ, Murphy AJ, Walshe AD. Performance benefits from weight and plyometric training: Effects of initial strength level. *Coach Sport Sci J.* 1997; 2: 3–8.
77. Häkkinen K, Komi PV. Changes in electrical and mechanical behavior of leg extensor muscles during heavy resistance strength training. *Scand J Sports Sci.* 1985; 7: 55–64.

78. Häkkinen K, Komi PV. The effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scand J Sports Sci.* 1985; 7: 65–76.
79. Bobbert MA, Van Soest AJ. Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. *Med Sci Sports Exerc.* 1994; 26: 1012–20.
80. Elliott BC, Wilson GJ, Kerr GK. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Med Sci Sports Exerc.* 1989; 21: 450–62.
81. Newton RU, Kraemer WJ, Häkkinen K, Humphries BJ, Murphy AJ. Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *J Appl Biomech.* 1996; 12: 31–43.
82. Wilson GJ, Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1993; 25: 1279–86.
83. Cronin J, McNair PJ, Marshall RN. Force-velocity analysis of strength training techniques and load: implications for training strategy and research. *J Strength Cond Res.* 2003; 17: 148–55.
84. Hoffman JR, Ratamess NA, Cooper JJ, et al. Comparison of loaded and unloaded jump squat training on strength/power performance in college football players. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 810–5.

85. Kawamori N, Haff GG. The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res.* 2004; 18: 675–84.
86. Garhammer J, Gregor R. Propulsion forces as a function of intensity for weightlifting and vertical jumping. *J Appl Sports Sci Res.* 1992; 6: 129–34.
87. Tricoli V, Lamas L, Carnevale R, Ugrinowitsch C. Short-term effects on lower body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 433–7.
88. Spreuwenberg LP, Kraemer WJ, Spiering BA, et al. Influence of exercise order in a resistance training exercise session. *J Strength Cond Res.* 2006; 20: 141–4.
89. Cormie P, McBride JM, McCaulley GO. Validation of power measurement techniques in dynamic lower body resistance exercises. *J Appl Biomech.* 2007; 23: 103–18.
90. Cormie P, Deane R, McBride JM. Methodological concerns for determining power output in the jump squat. *J Strength Cond Res.* 2007; 21: 424–30
91. Thomas GA, Kraemer WJ, Spiering BA, et al. Maximal power at different percentages of one repetition maximum: influence of resistance and gender. *J Strength Cond Res.* 2007; 21: 336–42.
92. Cormie P, McCaulley GO, McBride JM. Power versus strength-power jump squat training: influence on the load power relationship. *Med Sci Sports*

- Exerc. 2007; 39: 996–1003.
93. Kawamori N, Crum AJ, Blumert PA, et al. Influence of different relative intensities on power output during the hang power clean: identification of the optimal load. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 698–708.
94. Anderson T, Kearney JT. Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Res Q.* 1982; 53: 1–7.
95. Ebben WP, Kindler AG, Chirdon KA, et al. The effect of high-load vs. high-repetition training on endurance performance. *J Strength Cond Res.* 2004; 18: 513–7.
96. Huczel HA, Clarke DH. A comparison of strength and muscle endurance in strength-trained and untrained women. *Eur J Appl Physiol.* 1992; 64: 467–70.
97. Marx JO, Ratamess NA, Nindl BC, et al. The effects of single-set vs. periodized multiple-set resistance training on muscular performance and hormonal concentrations in women. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33: 635–43.
98. Campos GE, Luecke TJ, Wendeln HK, et al. Muscular adaptations in response to three different resistance training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 88: 50–60.
99. Goto K, Nagasawa M, Yanagisawa O, et al. Muscular adaptations to combinations of high and low intensity resistance exercises. *J Strength Cond*

- Res. 2004; 18: 730–7.
- ^{100.} Stone WJ, Coulter SP. Strength/endurance effects from three resistance training protocols with women. *J Strength Cond Res.* 1994; 8: 231–4.
- ^{101.} Marcinik EJ, Hodgdon JA, Mittleman K, O'Brien JJ. Aerobic/ calisthenic and aerobic/circuit weight training programs for Navy men: a comparative study. *Med Sci Sports Exerc.* 1985; 17: 482–7.
- ^{102.} Wilmore JH, Parr RB, Girandola RN, et al. Physiological alterations consequent to circuit weight training. *Med Sci Sports.* 1978; 10: 79–84.
- ^{103.} Adeyanju K, Crews TR, Meadors WJ. Effects of two speeds of isokinetic training on muscular strength, power and endurance. *J Sports Med.* 1983; 23: 352–6.
- ^{104.} Moffroid M, Whipple RH. Specificity of speed of exercise. *Phys Ther.* 1970; 50: 1692–700.
- ^{105.} Ballor DL, Becque MD, Katch VL. Metabolic responses during hydraulic resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1987; 19: 363–7.
- ^{106.} Mazzetti S, Douglass M, Yocum A, Harber M. Effect of explosive versus slow contractions and exercise intensity on energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39: 1291–301.
- ^{107.} Tran QT, Docherty D, Behm D. The effects of varying time under tension and

- volume load on acute neuromuscular responses. *Eur J Appl Physiol.* 2006; 98: 402–10.
- ^{108.} Fleck SJ. Cardiovascular adaptations to resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 20(5): S146–51.
- ^{109.} Fleck SJ, Kraemer WJ. Resistance training: Physiological responses and adaptations. Part 3. *Phys Sports medicine.* 1988; 16(5): 63-73.
- ^{110.} Fleck SJ, Kraemer WJ. *Designing Resistance Training Programs.* Champaign: Human Kinetics, 1987.
- ^{111.} Baechle TR, Earle RW. *Essentials of Strength Training and Conditioning (2nd ed.).* Champaign, IL: Human Kinetics, 2000.
- ^{112.} Mcardle WD, Katch FI, Katch VI. *Exercise physiology, 4ª ed.* Philadelphia: Lea&Febiger, 1994.
- ^{113.} Fleck SJ, Kraemer WJ. Resistance training: Physiological responses and adaptations. Part 2 *Phys. Sports medicine.* 1988; 16(4): 108-124.
- ^{114.} Burleson MA, O`Bryant HS, Stone MH et al. Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. *Med Sci Sports Exercise.* 1998; 30: 518-522
- ^{115.} Beckham SG, Earnest CP. Metabolic cost of free weight circuit weight training. *J Sports Med Phys Fitness.* 2000; 40: 118-125.

- ^{116.} Paavolainen L, Häkkinen K, Hamalainen I, Nummela A, Rusko H. Explosive strength training improves 5 km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol.* 1999; 86(5): 1527-1533.
- ^{117.} Johnston RE, Quinn TJ, Kertzer R, Vroman NB. Strength training in female distance runners: Impact on running economy. *J Strength Cond Res.* 1997; 11: 224–229.
- ^{118.} Bishop D, Jenkins DG, Mackinnon LT, McEniery M, Carey MF The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(6): 886–891.
- ^{119.} Gettman L, Ayers J, Pollock M, Jackson A. The effect of circuit weight training on strength, cardiorespiratory function, and body composition of adult men. *Med Sci Sports.* 1978; 10: 171–176.
- ^{120.} Gettman L, Ward P, Hagan RA. Comparison of combined running and weight training with circuit weight training. *Med Sci Sports Exerc.* 1982; 14: 229–234.
- ^{121.} Kaikkonen H, Yrjama M, Siljander E, Byman P, Laukkanen R. The effect of heart rate controlled low resistance circuit weight training and endurance training on maximal aerobic power in sedentary adults. *Scand J Med Sci Sports.* 2000; 10: 211-215.
- ^{122.} Stone MH, Wilson GD, Blessing D, Rozenek R. Cardiovascular responses to short-term Olympic style weight-training in young men. *Can J Appl Sport Sci.*

- 1983; 8: 134-139.
- ^{123.} Swain DP, Franklin BA. VO₂ reserve and the minimal intensity for improving cardiorespiratory fitness. *Med Sci Sports Med.* 2002; 34: 152-157.
- ^{124.} Jung AP. The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Med* 2003; 33: 539-552.
- ^{125.} Marcinik EJ, Potts J, Schlabach G, Will S, Dawson P, Hurley BF. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1991; 23: 739–743.
- ^{126.} Nicholson RM, Sleivert GG. Impact of concurrent resistance and endurance training upon distance running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31 (Suppl.): 1559.
- ^{127.} Turner AM, Owings JM, Schwane JA. Six weeks of plyometric training improves running economy. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(Suppl.) Abstract 1556.
- ^{128.} Hoff J, Gran A, Helgerud J. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand J Med Sci Sports.* 2002; 12: 288-295.
- ^{129.} Hoff J, Helgerud J, Wisloff U. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31: 870 – 877.

- ^{130.} Millet GP, Jaouen B, Borrani F, Candau R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO₂ kinetics. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34: 1351 - 1359.
- ^{131.} Loveless DJ, Weber CL, Haseler LJ, Schneider DA. Maximal leg strength training improves cycling economy in previously untrained men. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37: 1231–1236.
- ^{132.} Braun WA, Flynn MG, Gerth M, Smith K. The effect of strength training on endurance run performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: (Suppl): 654.
- ^{133.} Rutherford OM, Greig CA, Sargeant AJ, et al. Strength training and power output: transference effects in the human quadriceps muscle. *J Sports Sci.* 1986; 4: 101-7.
- ^{134.} Bishop D, Jenkins DG. The influence of resistance training on order to truly understand the benefits of resistance the critical power function and time to fatigue at critical power. *Aust J Sci Med Sport.* 1996; 28(4): 101-5.
- ^{135.} Izquierdo M, Hakkinen K, Ibañez J, Anton A, Garrues M, Ruesta M, Gorostiaga E. Effects of strength training on submaximal and maximal endurance performance capacity in middle-aged and older men. *J Strength Cond Res.* 2003; 17(1): 129-139.
- ^{136.} Hickson RC, Dvorak BA, Gorostiaga EM, Kurowski TT, Foster C. Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *J Appl*

- Physiol. 1988; 65: 2285–2290.
- ^{137.} Hickson RC, Rosenkoetter MA, Brown MM. Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Med Sci Sports Exerc.* 1980; 12: 336–339.
- ^{138.} Tanaka H, Swensen T. Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross-training? *Sports Med* 1998; 25: 191–200.
- ^{139.} Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley P. The use of instability to train the core musculature review. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2010; 35: 91-108.
- ^{140.} Grenier SG, Vera-Garcia FJ, McGill SM. Abdominal response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Phys Ther.* 2000; 86: 564-569.
- ^{141.} Arokoski PJ, Valta T, Airaksinen O, Kankaanpaa M. Back and abdominal muscle function during stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001; 82: 1089-1098.
- ^{142.} Anderson KG, Behm DG. Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *J Strength Cond Res.* 2004; 18(3): 637–640.
- ^{143.} Holtzmann M, Gaetz M, Anderson G. EMG activity of trunk stabilizers during stable and unstable pushups. *Can J Appl Physiol.* 2004; 29: S55.
- ^{144.} Arjmand N, Shirazi-Adl A. Biomechanics of changes in lumbar posture in static

- lifting. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005; 30(23): 2637–2648.
145. Vera-Garcia FJ, Elvira JL, Brown SH, McGill SM. Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability against sudden trunk perturbations. *J Electromyogr Kinesiol*. 2007, 17(5): 556–567.
146. Behm DG, Power KE, Drinkwater EJ. Muscle activation is enhanced with multi and uniarticular bilateral versus unilateral contractions. *Can J Appl Physiol*. 2003; 28(1): 38–52.
147. Behm DG, Leonard A, Young W, Bonsey W, MacKinnon S. Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *J Strength Cond Res*. 2005; 19: 193-201.
148. Cosio-Lima LM, Reynolds KL, Winter C, Paolone V, Jones MT. Effects of physioball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women. *J Strength Cond Res*. 2003; 17(4): 721–725.
149. Norwood JT, Anderson GS, Gaetz MB, Twist PW. Electromyographic activity of the trunk stabilizers during stable and unstable bench press. *J Strength Cond Res*. 2007; 21(2): 343-7.
150. Duncan M. Muscle activity of the upper and lower rectus abdominis during exercises performed on and off a Swiss ball. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2009; 13(4): 364-367.

- ^{151.} Sternlicht E, Rugg S, Fujii LL, Tomomitsu KF, Seki MM. Electromyographic comparison of a stability ball crunch with a traditional crunch. *J Strength Cond Res.* 2007; 21(2): 506–509.
- ^{152.} Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiina I, Tatsumura M, Izumi S, Shiraki H. Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010; 40(6): 369-375.
- ^{153.} Behm DG, Anderson KG, Curnew RS. Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *J Strength Cond Res.* 2002; 16(3): 416–422.
- ^{154.} Nuzzo JL, McCaulley GO, Cormie P, Cavill MJ, McBride JM. Trunk muscle activity during stability ball and free weight exercises. *J Strength Cond Res.* 2008; 22: 1108–1112.
- ^{155.} Hamlyn N, Behm DG, Young WB. Trunk muscle activation during dynamic weight-training exercises and isometric instability activities. *J Strength Cond Res.* 2007; 21(4): 1108–1112.
- ^{156.} Marshall P, Murphy BA. Changes in muscle activity and perceived exertion during exercises performed on a swiss ball. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2006; 31(4): 376–383
- ^{157.} Marshall PW, Murphy BA. Increased deltoid and abdominal muscle activity during Swiss ball bench press. *J Strength Cond Res.* 2006; 20(4): 745–750.
- ^{158.} Anderson K, Behm DG. Trunk muscle activity increases with unstable squat

- movements. *Can J Appl Physiol.* 2005b; 30(1): 33–45.
159. Uribe BP, Coburn JW, Bown LE, Judelson DA, Khamoui AV, Nguyen D. Muscle activation when performing the press chest and shoulder press on a stable bench vs. a swiss ball. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(4): 1028–1033.
160. Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a Swiss ball. *Chiropr Osteopat.* 2005; 13: 14.
161. Lehman GJ, MacMillan B, et al. Shoulder muscle EMG activity during push up variations on and off a Swiss ball. *Dyn Med.* 2006; 5: 7-7.
162. Wahl MJ, Behm DG. Not all instability training devices enhance muscle activation in highly resistance trained individuals. *J Strength Cond Res.* 2008; 22(4): 1360–70.
163. Behm DG, Colado JC. The effectiveness of resistance training using unstable surfaces and devices for rehabilitation. *Int J Sports Phy Ther.* 2012; 7(2): 226-241.
164. Fransson PA, Gomez S, et al. Changes in multi-segmented body movements and EMG activity while standing on firm and foam support surfaces. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 101(1): 81-9.
165. Youdas JW, Hollman JH, et al. Comparison of hamstring and quadriceps femoris electromyographic activity between men and women during a single-limb squat on both a stable and labile surface. *J Strength Cond Res.* 2007;

21(1): 105-11

- ^{166.} Behm DG, Anderson KG. The role of instability with resistance training. *J Strength Cond Res.* 2006; 20(3): 716-22.
- ^{167.} Karst GM, Hasan Z. Antagonist muscle activity during human forearm movements under varying kinematic and loading conditions. *Experimental Brain Research.* 1987; 67: 391-401.
- ^{168.} Hogan N. Adaptive control of mechanical impedance by coactivation of antagonist muscles. *International Electrical Engineering Journal.* 1984; 29: 681-690.
- ^{169.} Gardner-Morse MG, Stokes IAF. The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. *Spine.* 1998; 23: 86–92.
- ^{170.} Hrysomallis C. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports Med.* 2007; 37(6): 547-56.
- ^{171.} Drinkwater EJ, Pritchett EJ, Behm DG. Effect of instability and resistance on unintentional squat lifting kinetics. *Int J Sports Physiol Perform.* 2007; 2(4): 400–413.
- ^{172.} McBride JM, Cormie P, Deane R. Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions. *J Strength Cond Res.* 2006; 20(4): 915–918

- ^{173.} Koshida S, Urabe Y, Miyashita K, Iwai K, Kagimori A. Muscular outputs during dynamic bench press under stable versus unstable conditions. *J Strength Cond Res.* 2008; 22(5): 1584–1588.
- ^{174.} Jeffreys I. Developing a progressive core stability program. *Strength Cond J.* 2002; 24(5): 65-66.
- ^{175.} Leetun D, Ireland M, Willson J, Ballantyne B, Davis M. Core stability measures as a risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med & Sci Sports & Exerc.* 2004; 36(6): 926-934.
- ^{176.} McGill S. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exer Sports Sci Rev.* 2001; 29(1): 26-31.
- ^{177.} Willardson JM, Fontana FE, Bressel E. Effect of surface stability on core muscle activity for dynamic resistance exercises. *Int J Sports Physiol Perform.* 2009; 4(1): 97–109.
- ^{178.} Sharrock C, Crooper J, Mostad J, Johnson M, Malone T. A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship?. *Int J Sports Phys Ther.* 2011; 6(2): 63-74.
- ^{179.} Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson J, Cowley PM. Declaración de posición de la Sociedad Canadiense de Fisiología del Ejercicio. La utilización de la inestabilidad para el entrenamiento del Núcleo (CORE) en el acondicionamiento de poblaciones deportivas y no deportivas. [Internet],

2012.

- ^{180.} Tse M, McManus A, Masters R. Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college age rowers. *J Strength Cond Res.* 2005; 19(3): 547-552.
- ^{181.} Schibek JS, Guskiewicz KM, Prentice WE, Mays S, Davis JM. The effect of core stabilization training on functional performance in swimming. Master's thesis, University of North Carolina, Chapel Hill, 2001.
- ^{182.} Stanton R, Reaburn P, Humphries B. The effect of short-term swiss ball training on core stability and running economy. *J Strength Cond Res.* 2004. 18(3): 522-528.
- ^{183.} Butcher SJ, Craven BR, Chilibeck PD, Spink KS, Grona SL, Sprigings EJ. The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007; 37(5): 223–231.
- ^{184.} Sato K, Mokha M. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-m performance in runners?. *J Strength Cond Res.* 2009; 23(1): 133-140.
- ^{185.} American College of Sports Medicine. Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Fifth edition. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995.
- ^{186.} American College of Sports Medicine. Position Stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining

- cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30: 975–991.
- ^{187.} Dudley GA, Tesch PA, Miller BJ, Buchanan MD. Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviat Space Environ Med.* 1991; 62: 543–50.
- ^{188.} Coyle EF, Feiring DC, Rotkis TC, et al. Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. *J Appl Physiol.* 1981; 51: 1437–42.
- ^{189.} Tesch PA, Thorsson A, Essen-Gustavsson B. Enzyme activities of FT and ST muscle fibres in heavy-resistance trained athletes. *J Appl Physiol.* 1989; 67: 83–7.
- ^{190.} Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35: 456–64.
- ^{191.} Fleck SJ, Kraemer WJ. *Designing Resistance Training Programs.* 2nd Ed. Champaign, IL, Human Kinetics, 1997.
- ^{192.} Stone MH, Potteiger JA, Pierce KC, et al. Comparison of the effects of three different weight-training programs on the one repetition maximum squat. *J Strength Cond Res.* 2000; 14: 332–7.
- ^{193.} Matveyev L. *Fundamentals of Sports Training.* Moscow. Progress, 1981.

- ^{194.} O'bryant HS, Byrd R, Stone MH. Cycle ergometer performance and maximum leg and hip strength adaptations to two different methods of weight-training. *J Appl Sport Sci Res.* 1988; 2: 27-30.
- ^{195.} Willoughby DS. The effects of meso-cycle-length weight training programs involving periodization and partially equated volumes on upper and lower body strength. *J Strength Cond Res.* 1993; 7:2-8.
- ^{196.} Bompa TO. *Periodization: theory and methodology of training (4th Edition)*, Human Kinetics, Champaign, IL., 1999.
- ^{197.} Selye H. Forty years of stress research: principal remaining problems and misconceptions. *Can Med Assoc J.* 1976; 115: 53–6.
- ^{198.} Häkkinen K, Pakarinen A, Alen M, Kauhanen H, Komi PV. Relationships between training volume, physical performance capacity, and serum hormone concentrations during prolonged training in eliteweight lifters. *Int J Sports Med.* 1987; 8(Suppl): 61–5
- ^{199.} Fleck SJ. Periodized strength training: a critical review. *J Strength Cond Res.* 1999; 13: 82–9.
- ^{200.} Häkkinen K, Pakarinen A, Alen M, Kauhanen H, Komi PV. Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strength training in two years. *J Appl Physiol.* 1988; 65: 2406-2412.
- ^{201.} Kibler WB, Chandler TJ. Sport-specific conditioning. *Am J Sports Med.* 1994;

- 22: 424-432.
- ^{202.} Kraemer WJ, Ratamess N, Fry AC, et al. Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in college women tennis players. *Am J Sports Med.* 2000; 28: 626-633.
- ^{203.} Dolezal BA, Potteiger JA. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate (BMR) in non-dieting individuals. *J Appl Physiol.* 1998; 85: 695-700.
- ^{204.} Herrick AB, Stone WJ. The effects of periodization versus progressive resistance exercise on upper and lower body strength in women. *J Strength Cond Res.* 1996; 10: 72-76.
- ^{205.} Stone MH, O'bryant H, Garhammer J. An hypothetical model for strength training. *J Sports Med.* 1981; 21: 342-351.
- ^{206.} Fees M, Decker T, Snyder-Mackler L, Axe MJ. Upper extremity weight-training modifications for the injures athlete: a clinical perspective. *Am J Sports Med.* 1988; 26: 732-742.
- ^{207.} Rhea MR, Alderman BL. A meta-analysis of periodized versus non periodized strength and power training programs. *Res Q Exerc Sport.* 2004; 75: 413-22.
- ^{208.} Frontera WR, Hughes VA, Lutz KJ, Evans WJ. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45 to 78 year old men and women. *J Appl Physiol.* 1991;

- 71: 644–650.
- ^{209.} Willoughby DS. A comparison of three selected weight training programs on the upper and lower body strength of trained males. *Ann J Appl Res Coach Athl.* 1992 Mar; 124–46.
- ^{210.} Baker D, Wilson G, Carlyon R. Periodization: the effect on strength of manipulating volume and intensity. *J Strength Cond Res.* 1994; 8: 235–42.
- ^{211.} Rhea MR, Phillips WT, Burkett LN, et al. A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *J Strength Cond Res.* 2003; 17: 82–7.
- ^{212.} Rhea MR, Ball SD, Phillips WT, Burkett LN. A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. *J Strength Cond Res.* 2002; 16: 250–5.
- ^{213.} Newton RU, Häkkinen K, Häkkinen A, et al. Mixed methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34: 1367–75.
- ^{214.} Peterson MD, Dodd DJ, Alvar BA, Rhea MR, Favre M. Undulation training for development of hierarchical fitness and improved firefighter job performance. *J Strength Cond Res.* 2008; 22: 1683–95.
- ^{215.} Brooks GA, Fahey TD, White TP. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications.* (pp. 350-353, 385-406) (2nd ed.). California: Mayfield

Publishing Company, 1996.

- ^{216.} Plowman SD, Smith DL. Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance. Boston: Allyn and Bacon, 1997; pp. 472- 478.
- ^{217.} Kraemer WJ, Koziris LP. Muscle strength training techniques and considerations. Physical therapy practice. 1992; 2: 54-68.
- ^{218.} Bompa TO. Theory and Methodology of Training. Kendall/Hunt: Dubuque, LA, 1983.
- ^{219.} Edgerton VR. Neuromuscular adaptation to power and endurance work. Can J Appl Sport Sci. 1976; 1: 49-58.
- ^{220.} Wilk KE, Escamilla RF, Fleisig GS, Barrentine SW, Andrews JR, Boyd ML. A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. Am J Sports Med. 1996; 24: 518-527.
- ^{221.} Cronin J, McNair PJ, Marshall RN. The effects of bungy weight training on muscle function and functional performance. J Sports Sci. 2003; 21: 59–71.
- ^{222.} Chilibeck PD, Calder AW, Sale DG, Webber CE. A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. Eur J Appl Physiol. 1998; 77: 170–5.
- ^{223.} Stone MH, Plisk SS, Stone ME, et al. Athletic performance development: volume load 1 set vs. multiple sets, training velocity and training variation.

- NSCA J. 1998; 20: 22–31.
224. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med.* 2006; 36: 189–98.
225. Anderson K, Behm DG. The Impact of Instability Resistance Training on Balance and Stability. *Sports Med.* 2005a; 35(1): 43-53.
226. McCurdy KW, Langford GA, Doscher MW, Wiley LP, Mallard KG. The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 9–15.
227. Häkkinen K, Alen M, Komi PV. Changes in isometric force-and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand.* 1985; 125: 573–85.
228. Häkkinen K, Kraemer WJ, Newton RU, Alen M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand.* 2001; 171: 51–62.
229. Hay JG, Andrews JG, Vaughan CL. Effects of lifting rate on elbow torques exerted during arm curl exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 1983; 15: 63–71.
230. Hoffman JR, Cooper J, Wendell M, Kang J. Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *J Strength Cond*

- Res. 2004; 18: 129–35.
- ^{231.} Sforzo GA, Touey PR. Manipulating exercise order affects muscular performance during a resistance exercise training session. *J Strength Cond Res.* 1996; 10: 20–4.
- ^{232.} Baker D, Newton RU. Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 202–5.
- ^{233.} Maynard J, Ebben WP. The effects of antagonist prefatigue on agonist torque and electromyography. *J Strength Cond Res.* 2003; 17: 469–74.
- ^{234.} Simao R, Farinatti PTV, Polito MD, Maior AS, Fleck SJ. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistive exercises. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 152–6.
- ^{235.} Simao R, Farinatti PTV, Polito MD, Viveiros L, Fleck SJ. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercise in women. *J Strength Cond Res.* 2007; 21: 23–8.
- ^{236.} Baechle TR, Groves BR. *Weight training: Steps to Success*, 2ª ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.
- ^{237.} Pauletto B. Choice and order the exercises. *NSCA J.* 1986; 8(2): 71-73.
- ^{238.} Stone MH, O'Bryant HS. *Weight Training: A scientific Approach*. Minneapolis,

- MN: Burgess, 1987.
239. Gettman L, Pollock MJ. Circuit weight training: A critical review of its physiological benefits. *Physician Sportsmed.* 1981; 9: 44-60.
240. Verhoshansky Y. *Fundamentals of special strength training in sport.* Livonia. MI: Sportivny Press, 1976.
241. Wescott W. *Strength fitness.* Boston: Allyn & Bacon, 1982.
242. Komi PV, Kaneko M, Aura O. EMG activity of leg extensor muscles with special reference to mechanical efficiency in concentric and eccentric exercise. *Int J Sports Med.* 1987; 8(Suppl): 22-9.
243. Bonde-Peterson F, Knuttgen HG, Henriksson J. Muscle metabolism during exercise with concentric and eccentric contractions. *J Appl Physiol.* 1972; 33: 792-5.
244. Hather BM, Tesch PA, Buchanan P, Dudley GA. Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Acta Physiol Scand.* 1991; 143: 177-85.
245. Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise induced muscle damage and adaptation. *Sports Med.* 1989; 7: 207-34.
246. Farthing JP, Chilibeck PD. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89: 578-

- 86.
- ^{247.} Jackson A, Jackson T, Hnatek J, West J. Strength development: using functional isometrics in an isotonic strength training program. *Res Q Exerc Sport*. 1985; 56: 234–7.
- ^{248.} Keogh JWL, Wilson GJ, Weatherby RP. A cross-sectional comparison of different resistance training techniques in the bench press. *J Strength Cond Res*. 1999; 13: 247–58.
- ^{249.} Häkkinen K, Komi PV, Alen M. Effect of explosive type strength training on isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiol Scand*. 1985; 125: 587–600.
- ^{250.} Housh DJ, Housh TJ, Johnson GO, Chu WK. Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. *J Appl Physiol*. 1992; 73: 65–70.
- ^{251.} Ewing JL, Wolfe DR, Rogers MA, Amundson ML, Stull GA. Effects of velocity of isokinetic training on strength, power, and quadriceps muscle fibre characteristics. *Eur J Appl Physiol*. 1990; 61: 159–62.
- ^{252.} Kanehisa H, Miyashita M. Specificity of velocity in strength training. *Eur J Appl Physiol*. 1983; 52: 104–6.
- ^{253.} Mookerjee S, Ratamess NA. Comparison of strength differences and joint

- action durations between full and partial range of motion bench press exercise. *J Strength Cond Res.* 1999; 13: 76–81.
- ^{254.} Hatfield DL, Kraemer WJ, Spiering BA, et al. The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2006; 20: 760–6.
- ^{255.} Keeler LK, Finkelstein LH, Miller W, Fernhall B. Early phase adaptations of traditional speed vs. superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. *J Strength Cond Res.* 2001; 15: 309–14.
- ^{256.} Hunter GR, Seelhorst D, Snyder S. Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. *J Strength Cond Res.* 2003; 17: 76–81.
- ^{257.} Lachance PF, Hortobagyi T. Influence of cadence on muscular performance during push-up and pull-up exercises. *J Strength Cond Res.* 1994; 8: 76–9.
- ^{258.} Morrissey MC, Harman EA, Frykman PN, Han KH. Early phase differential effects of slow and fast barbell squat training. *Am J Sports Med.* 1998; 26: 221–30.
- ^{259.} Jones K, Hunter G, Fleisig G, Escamilla R, Lemak L. The effects of compensatory acceleration on upper-body strength and power in collegiate football players. *J Strength Cond Res.* 1999; 13: 99–105.
- ^{260.} Munn J, Herbert RD, Hancock MJ, Gandevia SC. Resistance training for

- strength: effect of number of sets and contraction speed. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37: 1622–6.
- ^{261.} Neils CM, Uderman BE, Brice GA, Winchester JB, McGuigan MR. Influence of contraction velocity in untrained individuals over the initial early phase of resistance training. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 883–7.
- ^{262.} Behm DG, Sale DG. Intended rather than actual movement velocity determines the velocity specific training response. *J Appl Physiol.* 1993; 74: 359–68.
- ^{263.} Atha J. Strengthening muscle. *Exerc Sport Sci Rev.* 1981; 9: 1-73.
- ^{264.} Hoffman JR, Maresh CM, Armstrong IE, Kraemer WJ. Effects of off season and in season resistance training programs on a collegiate male basketball team. *J Hum Muscle Perform.* 1981; 1: 48-55.
- ^{265.} Candow DG, Burke DG. Effect of short term equal volume resistance training with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and women. *J Strength Cond Res.* 2007; 21: 204–7.
- ^{266.} Hickson RC, Hidaka K, Foster C. Skeletal muscle fiber type, resistance training, and strength related performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1994; 26: 593–8.
- ^{267.} Graves JE, Pollock ML, Leggett SH, et al. Effect of reduced training frequency on muscular strength. *Int J Sports Med.* 1988; 9: 316–9.

- ^{268.} DeRenne C, Hetzler RK, Buxton BP, HO KW. Effects of training frequency on strength maintenance in pubescent baseball players. *J Strength Cond Res.* 1996; 10: 8-14.
- ^{269.} McLester JR, Bishop P, Guilliams ME. Comparison of 1 day and 3 days per week of equal volume resistance training in experienced subjects. *J Strength Cond Res.* 2000; 14: 273–81.
- ^{270.} Pollock ML, Graves JE, Bamman MM, et al. Frequency and volume of resistance training: effect of cervical extension strength. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993; 74: 1080–6.
- ^{271.} Hunter GR. Changes in body composition, body build, and performance associated with different weight training frequencies in males and females. *NSCA J.* 1985; 7: 26–8.
- ^{272.} Gillam GM. Effects of frequency of weight training on muscle strength enhancement. *J Sports Med.* 1981; 21: 432–6.
- ^{273.} Häkkinen K, Pakarinen A, Alen M, Kauhanen H, Komi PV. Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day. *Eur J Appl Physiol.* 1988; 57: 133–9.
- ^{274.} Zatsiorsky V, Kraemer WJ. *Science and Practice of Strength Training.* 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics, 2006.
- ^{275.} Calder AW, Chilibeck PD, Webber CE, Sale DG. Comparison of whole and split

- weight training routines in young women. *Can J Appl Physiol.* 1994; 19: 185–99.
276. Hoffman JR, Kraemer WJ, Fry AC, Deschenes M, Kemp DM. The effect of self-selection for frequency of training in a winter conditioning program for football. *J Appl Sport Sci Res.* 1990; 3: 76–82.
277. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose response relationship. *J Strength Cond Res.* 2004; 18: 377–82.
278. Pauletto B. Intensity. *NSCA J.* 1986; 8(1): 33-37.
279. Fleck SJ, Kraemer WJ. Resistance training: Exercise prescription (Part 1 of 4). *The Physician and Sportmedicine.* 1988; 16(3): 160, 162, 165-166, 169-171.
280. Kraemer WJ, Baechle TR. Development of a strength training program. En: A. J. Ryan, & F. L., Jr Allman, (Eds.), *Sports Medicine* (pp. 113-127) (2nd. ed.). New York: Academic Press, Inc., 1989.
281. Abernethy P, Wilson G, Logan P. Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Medicine.* 1995; 19(6): 401-417.
282. Brown LE, Weir JP. Accurate assessment of muscular strength and power. ASEP procedures recommendation. *J Exerc Physiol online.* 2001; 4:1-21.
283. Sale DG. Testing Strength and power. In: McDougal JD, Wenger HA, Green H.

- J Editors. Physiological testing on the high performance Athlete (2nd Ed.). Champaign IL: Human Kinetics, 1991.
284. Mcardle AC, Katch FI, Katch VL. Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance (4th Edition). Philadelphia, PA: Lea and Febiger Co., 1996.
285. Chandler J, Duncan R, Studensky S. Choosing the best strength measure in frail older persons: Importance of task specificity. Muscle and nerve. 1997; 5 Suppl.: S47-S51.
286. Weiss LW, Coney HD, Clark FC. Differential functional adaptations to shortterm low moderate, and high repetition weight training. J Strength Cond Res. 1999; 13: 236–41.
287. Berger RA. Optimum repetitions for the development of strength. Res Q. 1962; 33: 334–8.
288. O’Shea P. Effects of selected weight training programs on the development of strength and muscle hypertrophy. Res Q. 1966; 37: 95–102.
289. Focht BC. Perceived exertion and training load during self-selected and imposed intensity resistance exercise in untrained women. J Strength Cond Res. 2007; 21: 183–7.
290. Glass S, Stanton D. Self-selected resistance training intensity in novice

- weightlifters. *J Strength Cond Res.* 2004; 18: 324–7.
- ^{291.} Kramer JB, Stone MH, O’Bryant HS, et al. Effects of single vs. multiple sets of weight training: impact of volume, intensity, and variation. *J Strength Cond Res.* 1997; 11: 143–7.
- ^{292.} Robinson JM, Stone MH, Johnson RL, et al. Effects of different weight training exercise/rest intervals on strength, power, and high intensity exercise endurance. *J Strength Cond Res.* 1995; 9: 216–21.
- ^{293.} Wathen D. *Essentials of strength training and conditioning*, TR Baechle, ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1994.
- ^{294.} Pauletto B. Sets and repetitions. *NSCA J.* 1985; 7(6): 67-69.
- ^{295.} Ratamess NA, Falvo MJ, Mangine GT, et al. The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 100: 1–17.
- ^{296.} Tesch PA, Komi PV, Häkkinen K. Enzymatic adaptations consequent to long term strength training. *Int J Sports Med.* 1987; 8(Suppl): 66–9.
- ^{297.} Gotshalk LA, Loebel CC, Nindl BC, et al. Hormonal responses to multiset versus single set heavy resistance exercise protocols. *Can J Appl Physiol.* 1997; 22: 244–55.
- ^{298.} Kraemer WJ, Marchitelli L, Gordon SE, et al. Hormonal and growth factor

- responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol.* 1990; 69: 1442–50.
- ^{299.} Kraemer WJ, Gordon SE, Fleck SJ, et al. Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sports Med.* 1991; 12: 228–35.
- ^{300.} Mulligan SE, Fleck SJ, Gordon SE, et al. Influence of resistance exercise volume on serum growth hormone and cortisol concentrations in women. *J Strength Cond Res.* 1996; 10: 256–62.
- ^{301.} Dudley GA, Djamil R. Incompatibility of endurance and strength training modes of exercise. *J Appl Physiol.* 1985; 59: 1446–51.
- ^{302.} Kraemer WJ. A series of studies the physiological basis for strength training in American football: fact over philosophy. *J Strength Cond Res.* 1997; 11: 131–42.
- ^{303.} Hortobagyi T, Barrier J, Beard D, et al. Greater initial adaptations to submaximal muscle lengthening than maximal shortening. *J Appl Physiol.* 1996; 81: 1677–82.
- ^{304.} Sale DG, Jacobs I, MacDougall JD, Garner S. Comparisons of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc.* 1990; 22: 348–56.
- ^{305.} Capen EK. Study of four programs of heavy resistance exercises for

- development of muscular strength. *Res Q.* 1956; 27: 132–42.
- ^{306.} Ostrowski KJ, Wilson GJ, Weatherby R, Murphy PW, Lyttle AD. The effect of weight training volume on hormonal output and muscular size and function. *J Strength Cond Res.* 1997; 11: 148–54.
- ^{307.} Berger RA. Effect of varied weight training programs on strength. *Res Q.* 1962; 33: 168–81.
- ^{308.} Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Applications of the dose response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 950–8.
- ^{309.} Coleman AE. Nautilus vs universal gym strength training in adult males. *Am Correct Ther J.* 1977; 31: 103–7.
- ^{310.} Jacobson BH. A comparison of two progressive weight training techniques on knee extensor strength. *J Athl Train.* 1986; 21: 315–9.
- ^{311.} Starkey DB, Pollock ML, Ishida Y, et al. Effect of resistance training volume on strength and muscle thickness. *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28: 1311–20.
- ^{312.} Sanborn K, Boros R, Hrubby J, et al. Short term performance effects of weight training with multiple sets not to failure vs. a single set to failure in women. *J Strength Cond Res.* 2000; 14: 328–31.

- ³¹³. Stone MH, Johnson RL, Carter DR. A short term comparison of two different methods of resistance training on leg strength and power. *J Athl Train.* 1979; 14: 158–61.
- ³¹⁴. Feigenbaum MS, Pollock ML. Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31: 38–45.
- ³¹⁵. Kemmler WK, Lauber D, Engelke K, Weineck J. Effects of single vs. multiple set resistance training on maximum strength and body composition in trained postmenopausal women. *J Strength Cond Res.* 2004; 18: 689–94.
- ³¹⁶. Rhea MR, Alvar BA, Ball SD, Burkett LN. Three sets of weight training superior to 1 set with equal intensity for eliciting strength. *J Strength Cond Res.* 2002; 16: 525–9.
- ³¹⁷. Schlumberger A, Stec J, Schmidtbleicher D. Single vs. multiple set strength training in women. *J Strength Cond Res.* 2001; 15: 284–9.
- ³¹⁸. Grosser M, Starischka S, Zimmermann E. Principios del entrenamiento deportivo: Teoría y práctica. Barcelona: Martinez Roca, 1988.
- ³¹⁹. Rooney KJ, Herbert RD, Balnave RJ. Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Med Sci Sport Exerc.* 1994; 26: 1160–1164.
- ³²⁰. Tidow G. Muscular adaptations induced by training and detraining: a review of biopsy studies. *New Stud Athlet.* 1995; 10(2): 47–56.

- ^{321.} Tesch P.A. Short and long term histochemical and biochemical adaptations in muscle. En *Strength and Power in Sport, Vol II. Encyclopedia of sports medicine*. Komi PV (ed) Blackwell scientific publication, 1992; 239-248.
- ^{322.} Tan B. Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *J Strength Cond Res*. 1999; 13: 289–304.
- ^{323.} Kraemer WJ, Noble BJ, Clark MJ, Culver BW. Physiologic responses to heavy resistance exercise with very short rest periods. *Int J Sports Med*. 1987; 8: 247–52.
- ^{324.} Spassov, A. Bulgarian training methods. Artículo presentado en el simposio de NSCA. Denver, Junio 1989.
- ^{325.} Pauletto B. Rest and recuperation. *NSCA J*. 1986; 8(3): 52-53.
- ^{326.} Weir JP, Wagner LL, Housh TJ. The effect of rest interval length on repeated maximal bench presses. *J Strength Cond Res*. 1994; 8: 58-60.
- ^{327.} Behm DG, Reardon G, Fitzgerald J, Drinkwater E. The effect of 5, 10, and 20 repetition maximums on the recovery of voluntary and evoked contractile properties. *J Strength Cond Res*. 2002; 16: 209–18.
- ^{328.} Richmond SR, Godard MP. The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men. *J Strength Cond Res*. 2004;18: 846–9.

329. Willardson JM, Burkett LN. The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs. light loads. *J Strength Cond Res.* 2006; 20: 396–9.
330. Willardson JM, Burkett LN. The effect of rest interval length on the sustainability of squat and bench press repetitions. *J Strength Cond Res.* 2006; 20: 400–3.
331. Willardson JM, Burkett LN. A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 23–6.
332. Sewall LP, Lander JE. The effects of rest on maximal efforts in the squat and bench press. *J Appl Sport Sci Res.* 1991; 5: 96-99.
333. Larson GD, Potteiger JA. A comparison of three different rest intervals between multiple squat bouts. *J Strength Cond Res.* 1997; 11(2): 115-118.
334. Hedrick A. Training for Hypertrophy. *Strength Cond.* 1995; 17(3): 22-29.
335. Richardson T. Program design: Circuit training with exercise machines. *NSCA J.* 1993; 15(5): 18-19.
336. Roundtable: Circuit training. *NSCA J.* 1990; 12(2): 16-27.
337. Harber MP, Fry AC, Rubin MR, Smith JC, Weiss LW. Skeletal muscle and hormonal adaptations to circuit weight training in untrained men. *Scand J*

- Med Sci Sports. 2004; 14: 176–85.
338. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Häkkinen K. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 572–82.
339. Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short term high intensity training. *Br J Sports Med.* 1997; 31: 229–34.
340. McCaw ST, Friday JJ. A comparison of muscle activity between a free weight and machine bench press. *J Strength Cond Res.* 1994; 8: 259–64.
341. Boyer BT. A comparison of the effects of three strength training programs on women. *J Appl Sports Sci Res.* 1990; 4: 88–94.
342. Willoughby DS, Gillespie JW. A comparison of isotonic free weights and omnikinetic exercise machines on strength. *J Human Mov Stud.* 1990; 19: 93–100.
343. Mazzetti SA, Kraemer WJ, Volek JS, et al. The influence of direct supervision of resistance training on strength performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: 1175–84.
344. Morgan RE, Adamson GT. *Circuit training.* London: Bell and Sons Ltd., 1959.

- ^{345.} Jonath U. Entrenamiento en circuito. Buenos Aires: Editorial Paidós, 1971.
- ^{346.} Scholich M. Entrenamiento en circuito. Buenos Aires: Editorila Stadium, 1986.
- ^{347.} Plyley MJ. Physiological responses to circuit resistance training. *Can J Sport Sci.* 1989; 14(3): 131-132.
- ^{348.} Hunter GR, Bryan DR, Wetzstein CJ, Zuckerman PA, Bamman MM. Resistance training and intra abdominal adipose tissue in older men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(6): 1023-1028.
- ^{349.} Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med.* 2004; 34(5): 329-348.
- ^{350.} Ibanez J, Izquierdo M, Arguelles I, Forga L, Larrion JL, Garcia-Unciti M, et al. Twice weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2005; 28(3): 662-667.
- ^{351.} Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, Morrow JR Jr, Jackson AW, Sjostrom M, et al. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. 2008; *Bmj*: 337-439.
- ^{352.} Scholich M. Zum Kreistraining, seiner Gestaltung und Trainingswirkung. *Medizin und Sport.* 1984; 24: 86-90.
- ^{353.} Wittmann F, Maier W, Pfeiffer W: Fußballpraxis. 3. Teil: Jugendtraining I,

- Württembergischer Fußballverband, Stuttgart, 1982.
354. Stiehler G, Konzag I, Döbler H, et al. Sportspiele. Berlín: Sportverlag, 1988.
355. Scholich M. Circuit Training for All Sports: Methodology of Effective Fitness Training. Toronto: Sport Books Publisher, 1990.
356. Hall CM, Brody LT. Therapeutic Exercise: Moving Towards Function. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005; pp. 70–77, 101–104, 127–129.
357. McArdle WD, Katch FI, Kaich VL. Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance. Philadelphia: LippincottWilliams &Wilkins, 2001; pp. 165–172, 369–370, 524–526.
358. O’Shea P. Interval weight training: A scientific approach to cross-training for athletic strength fitness. Natl Str Cond J. 1987; 9: 53-57.
359. Simonson S. Teaching the resistance training class: A circuit training course designed for the strength and conditioning coach/Personal trainer. Strength Cond J. 2010; 32(3): 90-96.
360. Camargo MD, Stein R, Ribeiro JP, Schvartzman PR, Rizzatti MO, Schaan BD. Circuit weight training and cardiac morphology: A trial with magnetic resonance imaging. Br J Sports Med. 2008; 42: 141–145.
361. Monteiro WD, Simao R, Polito MD, Santana CA, Chaves RB, Bezerra E, Fleck

- SJ. Influence of strength training on adult women's flexibility. *J Strength Cond Res.* 2008; 22: 672–677.
- ^{362.} Gettman LR, Ayres JJ, Pollock ML, Durstine L, Grantham W. Physiologic effects on adult men of circuit strength training and jogging. *Arch Phys Med Rehabil.* 1979; 60: 115-120.
- ^{363.} Gotshalk LA, Berger RA, Kraemer WJ. Cardiovascular responses to a high volume continuous circuit resistance training protocol. *Strength Cond Res.* 2004; 18: 760-764.
- ^{364.} Paoli A, Paccelli F, Bargossi AM, Marcolin G, Guzzinati S, Neri M, Bianco A, Palma A. Effects of three distinct protocols of fitness training on body composition, strength and blood lactate. *J Sports Med Phys Fitness.* 2010; 50: 43-51.
- ^{365.} Waller M, Miller J, Hannon J. Resistance Circuit Training: Its Application for the adult population. *Strength Cond J.* 2011; 33(1): 16-22.
- ^{366.} Alcaraz PE, Perez-Gomez J, Chavarrias M, Blazeovich AJ. Similarity in adaptations to high resistance circuit vs. traditional strength training in resistance trained men. *J Strength Cond Res* 2011; 25: 2519–2527.
- ^{367.} Alcaraz PE, Sanchez-Lorente J, Blazeovich AJ. Physical performance and cardiovascular responses to an acute bout of heavy resistance circuit training versus traditional strength training. *J Strength Cond Res.* 2008; 22: 667–671.

368. Vinuesa M, Coll J. Teoría básica del entrenamiento. Madrid: Esteban Sanz Martínez, 1987.
369. Mora Vicente J. El desarrollo de las capacidades físicas a través del circuit-training. Cadiz: Excma. Diputación Provincial de Cadiz, 1989.
370. Morgan W. Psychological factors influencing perceived exertion. *J Med Sci Sports Exerc.* 1973; 5(2): 97-103.
371. Noble B, Robertson R. Perceived exertion. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
372. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med.* 1970; 2: 92-98.
373. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exer.* 1982; 14: 377-382.
374. Pollock D, Filmore G. Prescription for programs of prevention and rehabilitation 2ªed. Wisconsin: Word Publishing, 1991.
375. Borg G. Borg's Perceived Exertion and Pain scales. Champaign, ILL: Human Kinetics, 1998.
376. Arruza J, Alzate R, Valencia J. Esfuerzo percibido y frecuencia cardiaca de la intensidad de los esfuerzos en el entrenamiento de judo. *Rev Psicol Deport.* 1996; 9: 29-40.

- ^{377.} Pollock ML. Prescribing Exercise for fitness and adherence. En R. K. Dishman (ed.) Exercise Adherence: Ist Impact on Public Health. Champaing, IL: Human Kinetics, 1988.
- ^{378.} Buceta JM. Psicología del entrenamiento deportivo. Madrid: Dykinson, 1998.
- ^{379.} Bar-Or O, Skinner JS, Brus Kirk ER, Borg G. Physiological and perceptual indicators of physical stress in 41 to 60 year old men who vary in conditioning level and in body fatness. *Med Sci Sports*. 1972; 4: 96-100.
- ^{380.} Borg G, Linderholm H. Exercise performance and perceived exertion in patients with coronary insufficiency, arterial hypertension, and vasoregulatory asthenia. *Acta Med Scand*. 1970; 187: 17-26.
- ^{381.} Bloem P, Goessens LM, Zamparo P, Sacher M, Paviotti R, de Prantero PE. Effects of order of presentation of exercise entensities and of sauna baths on perceived exertion during treadmill running. *Eur J Appl physioly*. 1991; 62(3): 204-210.
- ^{382.} Minganti C, Capranica L, Meeusen R, Amici S, Piacentini MF. The validity of session rating of perceived exertion method for quantifying training load in teamgym. *J Strength Cond Res*. 2010; 24(11): 3063- 3068.
- ^{383.} Skinner J, Hutsler R, Bergsteinova V, Buskirk E. The validity and reliability of a rating of perceived exertion. *J Med Sci Sports Exercise*. 1973; 6(2): 994-996.
- ^{384.} Gordon M, Gibbons L. The cooper clinic cardiac rehabilitation program. New

York: Simon and Schuster, 1990.

- ^{385.} Lagally KM, Mccaw ST, Young GT, Medema HC, Thomas DQ. Ratings of perceived exertion and muscle activity during the bench press exercise in recreational and novice lifters. *J Strength Cond Res.* 2004; 18: 359–364.
- ^{386.} Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timmer J, et al. Concurrent validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exer.* 2003; 35: 333–341.
- ^{387.} Pincivero PM, Dixon P, Coelho AJ. Knee extensor torque, work and EMG during subjectively graded dynamic contractions. *Muscle Nerve.* 2003; 28: 54-61.
- ^{388.} Day ML, Mcguigan MR, Brice G, Foster C. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res.* 2004; 18(2): 353-358.
- ^{389.} Gearhart Jr. RF, Goss FL, Lagally KM, Jakicic JM, Gallagher J, Robertson RJ. Standardized scaling procedures for rating of perceived exertion during resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2001; 15(3): 320-325.
- ^{390.} Gearhart Jr. RF, Goss FL, Lagally KM, Jakicic JM, Gallagher J, Gallagher KI, Robertson RJ. Ratings of perceived exertion in active muscle during high intensity and low intensity resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2002; 16(1): 87-91.

- ^{391.} Lagally KM, Robertson RJ, Gallagher KI, Goss FL, Jakicic JM, Lephart SM, McCaw ST, Goodpaster B. Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34: 552–559.
- ^{392.} Wernbom M, Augustsson J, Thme R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross sectional area in humans. *Sport Med.* 2007; 37: 225–264.
- ^{393.} American College of Sports Medicine. Position Stand: progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41(3): 687–708.
- ^{394.} American College of Sports Medicine. Position stand: Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34: 364–380.
- ^{395.} Fry AC. The role of resistance exercise intensity on muscle fiber adaptation. *Sports Med.* 2004; 34: 663–669.
- ^{396.} O’connor JP, Poudevigne MS, Pasley JD. Perceived exertion responses to novel elbow flexor eccentric action in women and men. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34: 862–868.
- ^{397.} Foster C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 30: 1164–1168.

398. Foster C, Heimann K, Esten P, Brice G, Porcari J. Differences in perceptions of training by coaches and athletes. *S Afr J Sports Med.* 2001; 8: 3–7.
399. Dishman RK, Patton RW, Smith J, Weinberg R, Jackson A. Using perceived exertion to prescribe and monitor exercise training heart rate. *Int J Sports Med.* 1987; 8: 208–213.
400. Pierce K, Rozenek R, Stone MH. Effects of high volume weight training on lactate, heart rate, and perceived exertion. *J Strength Cond Res.* 1993; 7: 211–215.
401. Robertson RJ, Goss FL, Aaron DJ, Gairola A, Kowallis RA, Liu Y, Randall CR, Tessmer KA, Schnorr TL, Schroeder AE, White B. One repetition maximum prediction models for children using OMNI RPE Scale. *J Strength Cond Res.* 2008; 22: 196–201.
402. Robertson RJ, Goss FL, Andreacci JL, Dube JJ, Rutkowski JJ, Frazee KM, Aaron DJ, Metz KF, Kowallis RA, Snee BM. Validation of the children's OMNI-resistance exercise scale of perceived exertion. *Med Sci Sport Exerc.* 2005; 37: 819–826.
403. Noble BJ, Borg G, Jacobs I, Ceci R, Kaiser P. A category ratio perceived exertion scale: Relationship to blood and muscle lactate and heart rate. *Med Sci Sports Exerc.* 1983; 15: 523–528.
404. Suminski RR, Robertson RJ, Arslanian S, Kang J, Utter AC, Dasilva SG, Goss FL,

- Metz KF. Perception of effort during resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 1997; 11: 261–265.
- ^{405.} Kraemer RR, Acevedo EO, Dziewaltowski DA, Kilgore JL, Kraemer GR, Castracane VD. Effects of low volume resistive exercise on beta-endorphin and cortisol concentrations. *Int J Sports Med.* 1996; 17: 12–16.
- ^{406.} Naclerio F, Rodríguez-Romo G, Barriopedro-Moro M, Jiménez A, Alvar B, Travis N. Control of resistance training intensity by the OMNI perceived exertion scale. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(7): 1879–1888.
- ^{407.} Foster C, Daines E, Hector L, Snyder A, Welsh R. Athletic performance in relation to training load. *Wisc Med J.* 1996; 95: 370–374.
- ^{408.} Dishman RK, Sallis JF, Orenstein DR. The determinants of physical activity and exercise adherence. *Public Health Reports.* 1985; 100(2): 158-172.
- ^{409.} Diener E, Suh E. National differences in subjective well-being. En Kahnemann D, Diener E, Schwartz N (Eds.), *Well-being: The foundations of hedonistic psychology.* New York: Russell Sage Foundation, 1999; pp. 434-450.
- ^{410.} Molinero O, Salguero A, Márquez S. Autodeterminación y adherencia al ejercicio: estado de la cuestión. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte.* 2011; 25(7): 287-304.
- ^{411.} Sheldahl LM, Tristani FE, Hastings JE, Wenzler RB. Comparison of adaptations

- and compliance to exercise training between middle aged and older men. *J Am Geriatr Soc.* 1993; 41(8): 795-801.
412. De Andrade A, Salguero A, González-Boto R, Márquez S. Motives for participation in physical activity by Brazilian adults. *Perceptual and Motor Skills.* 2006; 102: 358-367.
413. Ryan RM, Frederick CM, Lepes D, Rubio N, Sheldom KM. Intrinsic motivation and exercise adherence. *Int J Sports Psychol.* 1997; 28: 335-354.
414. Castillo I, Balaguer I. Dimensiones de los motivos de práctica deportiva de los adolescentes valencianos escolarizados. *Apunts: Educación Física y Deportes.* 2001; 63: 22-29.
415. Deci EL, Ryan RM. Self-determination theory : A macro-theory of human motivation, development and health. *Canadian Psychology.* 2008; 29: 182-185.
416. Deci EL, Ryan RM. The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry.* 2000; 11: 227-268.
417. Deci EL, Ryan RM. *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior.* New York: Plenum Press, 1985.
418. Bandura A. Self efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review.* 1977; 84: 191-215.

- ^{419.} De Coverley Veale DMW. Exercise and mental health. *Acta Psych Scand.* 1987; 76: 113-120.
- ^{420.} McAuley E. Modeling and Self-Efficacy: A test of Bandura's Model. *J Sport Psychol.* 1985; 7: 283-295.
- ^{421.} McAuley E, Shaffer SM, Rudolph D. Affective responses to acute exercise in elderly impaired males: The moderating effects of self-efficacy and age. *International Journal of Aging and Human Development.* 1995; 41(1): 13-27.
- ^{422.} Emery CF, Blumenthal JA. Perceived change among participants in an exercise program for older adults. *Gerontologist.* 1990; 30(4): 516-521.
- ^{423.} Wolinsky FD, Stump TE, Clark DO. Antecedents and consequences of physical activity and exercise among older adults. *Gerontologist.* 1995; 35(4): 451-462.
- ^{424.} Dishman RK. Mental health. En V. Seefeldt (ed.), *Physical activity and well-being.* Reston: American Alliance of Health, Physical Education, Recreation and Dance, 1986.
- ^{425.} Rodríguez PL. Prescripción de ejercicio físico para el acondicionamiento muscular. *Selección.* 2002; 11(4): 191-201.
- ^{426.} Hass CJ, Feigenbaum MS, Franklin BA. Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Med.* 2001; 31: 953-964.

- ^{427.} Baker D. Improving vertical jump performance through general, special, and specific strength training: A brief review. *J Strength Cond Res.* 1996; 10: 131-136.
- ^{428.} Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31: 12–7.
- ^{429.} Layne JE, Nelson ME. The effect of progressive resistance training on bone density: a review. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31: 25–30.
- ^{430.} Goldberg AP. Aerobic and resistive exercise modify risk factors for coronary heart disease. *Med Sci Sports Exerc.* 1989; 21: 669–74.
- ^{431.} Hurley BF, Kokkinos PF. Effects of weight training on risk factors for coronary heart disease. *Sports Med.* 1987; 4: 231–8.
- ^{432.} Koffler KH, Menkes A, Redmond RA, et al. Strength training accelerates gastrointestinal transit in middle-aged and older men. *Med Sci Sports Exerc.* 1992; 24: 415–9.
- ^{433.} Miller WJ, Sherman WM, Ivy JL. Effect of strength training on glucose tolerance and post-glucose insulin response. *Med Sci Sports Exerc.* 1984; 16: 539–43.
- ^{434.} Ewart CK. Psychological effects of resistive weight training: implications for cardiac patients. *Med Sci Sports Exerc.* 1989; 21: 683–8.

- ^{435.} Holm I, Fosdahl MA, Friis A, Risberg MA, Myklebust G, Steen H. Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clin J Sport Med.* 2004; 14: 88–94.
- ^{436.} Heitkamp HC, Horstmann T, Mayer F, Weller J, Dickhuth H. Gain in strength and muscular balance after balance training. *Int J Sport Med.* 2001; 22: 285–290.
- ^{437.} Daubrey ME, Culham EG. Lower extremity muscle force and balance performance in adults aged 65 years and older. *Phys Therapy.* 1999; 79: 1177–1185.
- ^{438.} Kimiecik JC, Harris AT. What is enjoyment? A conceptual/definitional analysis with implications for sport and exercise psychology. *J Sport Exerc Psychol.* 1996; 18: 247-263.
- ^{439.} Yan JH, McCullagh PJ. Cultural influence on youth's motivation of participation in physical activity. *J Sport Behav.* 2004; 27: 378-390.
- ^{440.} Hellín P, Moreno JA, Rodríguez PL. Motivos de práctica físico-deportiva en la Región de Murcia. *Cuadernos de psicología del Deporte.* 2004; 4(1-2): 101-116.
- ^{441.} Sale DG. Neural adaptations to strength training. In: Komi PV, editor. *Strength and Power in Sport.* Oxford: Blackwell Scientific; 1992; p. 249–65.

442. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, Doleshal P, Dodge C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* 2001; 15: 109–115.
443. Thomas JR, Nelson JK. *Métodos de investigación en actividad física.* Badalona: Paidotribo, 2007.
444. ASEP. *Journal of Exercise Physiology On Line,* 2001.
445. Meyer T, Lucia A, Earnest CP, Kinderman W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters: theory and application. *Int J Sports Med.* 2005; 26 suppl. 1: s38-s48.
446. Perez M, Martin MA, Cañete S, Rubio JC, Fernandez-Moreira D, San Juan AF, Gomez-Gallego F, Santiago C, Arenas J, Lucia A. Does the c34t mutation in AMPD1 alter exercise capacity in the elderly? *Int J Sports Med.* 2006; 27(6): 429-35.
447. Davis JA. Anaerobic threshold: a review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc.* 1985; 17: 6–18.
448. Lucía A, Hoyos J, Pérez M, Chicharro JL. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: 1777-1782.
449. Glatthorn JF, Gouge S, Nussbaumer S, Stauffacher S, Impellizzeri FM,

- Maffiuletti NA. Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(2): 556–560.
450. Earp JE, Kraemer WJ, Cormie P, Volek JS, Maresh CM, Joseph M, Newton RU. Influence of muscle tendon unit structure on rate of force development during the squat, countermovement, and drop jumps. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(2): 340–347.
451. Sánchez-Medina L, Pérez CE, González-Badillo JJ. Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med.* 2010; 31: 123–129.
452. Baechle TR, Earle RW. *Essentials of Strength Training and Conditioning.* 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2008.
453. Cormie P, McBride JM, McCaulley GO. The influence of body mass on calculation of power during lower-body resistance exercises. *J Strength Cond Res.* 2007; 21: 1042–1049.
454. Cronin JB, McNair PJ, Marshall RN. Developing explosive power: a comparison of technique and training. *J Sci Med Sport.* 2001; 4: 59–70
455. Cronin JB, McNair PJ, Marshall RN. The role of maximal strength and load on initial power production. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: 1763–1769.
456. Cronin JB, Sleivert J. Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Med.* 2005; 35:

213–234

- ^{457.} Izquierdo M, Häkkinen K, González-Badillo JJ, Ibáñez J, Gorostiaga EM. Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 87: 264–271
- ^{458.} Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ, Wilson GJ, Kraemer WJ, Häkkinen K. Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *Eur J Appl Physiol.* 1997; 75: 333–342.
- ^{459.} Baker D, Nance S, Moore M. The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power trained athletes. *J Strength Cond Res.* 2001; 15: 92–97.
- ^{460.} Sánchez-Medina L, González-Badillo JJ. Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43(9): 1725-1734
- ^{461.} Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioural sciences.* New Jersey: L. Erlbaum Associates, Hillside, 1988.
- ^{462.} Aagaard P, Andersen JL. Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 2010; 20 Suppl 2: 39-47.

- ^{463.} Chtara M, Chamari K, Chaouachi A, Koubaa D, Feki Y, Millet G, Amri M. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br J Sports Med.* 2005; 39: 555–560.
- ^{464.} Doyle F, Brown J, Lachance C. Relation between bone mass and muscle weight. *Lancet.* 1970; 1: 391-393.
- ^{465.} Frost HM. Why do marathon runners have less bone than weight lifters? A vital biomechanical view and explanation. *Bone.* 1997; 20(3): 183-189.
- ^{466.} Cooper KH. *The aerobic way.* New York: Bantmen Books Inc, 1982.
- ^{467.} Hurley BF, Seals DR, Ehsani AA, Cartier LJ, Dalsky GP, Hagberg JM, Holloszy JO. Effects of high intensity strength training on cardiovascular function. *Med Sci Sports Exerc.* 1984; 16(5): 483-8.
- ^{468.} Dudley GA. Metabolic consequences of resistive type exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 20(5): S158-61.
- ^{469.} McCarthy JP, Agre JC, Graf BK, Pozniak MA, Vailas AC. Compatibility of adaptive response with combining strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27(3): 429-36.
- ^{470.} Losnegard T, Mikkelsen K, Rønnestad BR, Hallén J, Rud B, Raastad T. The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers. *Scand J Med Sci Sports.* 2011; 21(3): 389-401.

- ^{471.} Dudley GA, Fleck ST. Strength and endurance training: are they mutually exclusive? *Sports Medicine*. 1987; 4: 79–85.
- ^{472.} Kraemer WJ, Patton JF, Gordon SE, Harman EA, Deschenes MR, Reynolds K, Newton RU, Triplett NT, Dziados JE. Compatibility of high intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol*. 1995; 78(3): 976-89.
- ^{473.} Hurley BF, Hagberg JM, Goldberg AP, et al. Resistive training can reduce coronary risk factors without altering VO₂ max or percent body fat. *Med Sci Sport Exercise*. 1988; 20: 150–154.
- ^{474.} Blair SN, Kohl HW, Paffenbarger RS, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW. Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. *JAMA*. 1989; 262: 2395–2401.
- ^{475.} Laukkanen JA, Lakka TA, Rauramaa R, Kuhanen R, Venäläinen JM, Salonen R, Salonen JT. Cardiovascular fitness as a predictor of mortality in men. *Arch Intern Med*. 2001; 161: 825–831.
- ^{476.} Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood E. Exercise Capacity and Mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 2002; 346: 793-801.
- ^{477.} Allen TE, Byrd RJ, Smith DP. Hemodynamic consequences of circuit weight training. *Res Q*. 1976; 47: 299–306.

478. Haltom RW, Kraemer RR, Sloan RA, Hebert EP, Frank K, Tryniecki JL. Circuit weight training and its effects on excess postexercise oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31: 1613–1618.
479. Spurrs RW, Murphy AJ, Watsford ML. The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89: 1–7.
480. Kraemer WJ, Volek JS, Clark KL, Gordon SE, Incledon T, Puhl SM, Triplett-Mcbride NT, Mcbride JM, Putukian M, Sebastianelli WJ. Physiological adaptations to a weight loss dietary regimen and exercise programs in women. *J Appl Physiol.* 1997; 83: 270–279.
481. Frontera WR, Meredith CN, O’Reilly KP, Evans WJ. Strength training and determinants of VO_2 max in older men. *J Appl Physiol.* 1990; 68(1): 329–33.
482. Heywood V. *The Physical Fitness Specialist Manual*, The Cooper Institute for Aerobics Research, Dallas TX, revised 2005. In: HEYWOOD, V (2006) *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*, Fifth Edition, Champaign, IL: Human Kinetics, 2006.
483. Conley DL, Krahenbuhl GS. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1980; 12(5): 357-60.
484. Daniels J, Daniels N. Running economy of elite male and elite female runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1992; 24(4): 483-9.

- ^{485.} Daniels JT. A physiologist's view of running economy. *Med Sci Sports Exerc.* 1985; 17(3): 332-8.
- ^{486.} López Chicharro J, Aznar Laín S, Fernández Vaquero A, López Mojares LM, Lucía Mulas A, y Pérez Ruiz M. Transición aeróbica-anaeróbica. Concepto, metodología de determinación y aplicaciones. Madrid: Master Line & Prodigio, 2004.
- ^{487.} Dempsey JA. Is the lung built for exercise? *Med Sci Sports Exerc.* 1986; 18: 143-145.
- ^{488.} Harms C, McClaran S, Nickele GA, Pegelow DF, Nelson WB, Dempsey JA. Effect of exercise induced arterial O₂ desaturation on VO₂max in women. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: 1101-1108.
- ^{489.} Harms CA, McClaran SR, Nickele GA, Pegelow DF, Nelson WB, Dempsey JA. Exercise induced arterial hypoxaemia in healthy young women. *J Physiol.* 1998; 507: 619-628.
- ^{490.} Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 527-533.
- ^{491.} Noakes TD. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 20(4): 319-330.

- ^{492.} Green HJ, Patla AE. Maximal aerobic power: neuromuscular and metabolic considerations. *Med Sci Sports Exerc.* 1992; 24: 38–46.
- ^{493.} Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med.* 2004; 34: 465-485.
- ^{494.} Kornecki S, Zschorlich V. The nature of stabilizing functions of skeletal muscles. *J Biomech.* 1994; 27: 215–225.
- ^{495.} Sparkes R, Behm DG. Training adaptations associated with an 8 week instability resistance training program with recreationally active individuals. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(7): 1931–1941.
- ^{496.} Kibele A, Behm DG. Seven weeks of instability and traditional resistance training effects on strength, balance and functional performance. *J Strength Cond Res.* 2009; 23(9): 2443-2450.
- ^{497.} Asanuma H, Pavlides C. Neurobiological basis of motor learning in mammals. *Neuroreport.* 1997; 8: R1–R6.
- ^{498.} Rutherford OM, Jones DA. The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol.* 1986; 55: 100-105.
- ^{499.} Roberson GE, Kamen G, Whittlesey S. *Biomechanics of Sport and Exercise.* Second Edition. Toronto Ontario: Benjamin Cummings Publisher, 2004; pp. 35–71.

- ^{500.} Goodman CA, Pearce AJ, Nicholes CJ, Gatt BM, Fairweather IH. No differences in 1 RM strength and muscle activation during the barbell chest press on a stable and unstable surface. *J Strength Cond Res.* 2008; 22: 88–94.
- ^{501.} Häkkinen K. Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. *J Sports Med Phys Fitness.* 1989; 29: 9–26.
- ^{502.} Behm DG. Neuromuscular implications and applications of resistance training. *J Strength Cond Res.* 1995; 9(4): 264-274.
- ^{503.} Carpenter MG, Frank JS, Silcher CP, Peysar GW. The influence of postural threat on the control of upright stance. *Experimental Brain Research.* 2001; 138(2): 210–218.
- ^{504.} Adkin AL, Frank JS, Carpenter MG, Peysar GW. Fear of falling modifies anticipatory postural control. *Experimental Brain Research.* 2002; 143(2): 160–170.
- ^{505.} Willardson JM. The effectiveness of resistance exercises performed on unstable equipment. *Strength Cond J.* 2004; 26: 70–74.
- ^{506.} Bosco C, Mognoni P, Luhtanen P. Relationship between isokinetic performance and ballistic movement. *Eur J Appl Physiol.* 1983; 51: 357–364.
- ^{507.} Podolosky A, Kaufman KR, Cahalan TD, Aleskinsky SY, Chao EY. The relationship of strength and jump height in figure skaters. *Am J Sports Med.* 1990; 18: 400–405.

- ^{508.} Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley PM. The role of instability rehabilitative resistance training for the core musculature. *Strength Cond J.* 2011; 33(3): 72-81.
- ^{509.} Hakkinen K, Kallinen M, Komi PV, Kauhanen H. Neuomuscular adaptations during short-term “normal” and reduced training periods in strength athletes. *Electromyogr Clin Neuro physiol.* 1991; 31: 35–42.
- ^{510.} Ratamess NA, Faigenbaum AD, Hoffman JR, Kang J. Self-selected resistance training intensity in healthy women: the influence of a personal trainer. *J Strength Cond Res.* 2008; 22: 103–11.
- ^{511.} Franklin BA. Normal cardiorespiratory responses to acute exercise. En: *American College of Sports Medicine Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, 3ª Ed., JL. Roitman, ed. Baltimore: Williams&Wilkins, 1998.

SECCIÓN IX

ANEXOS

FICHA DEL PARTICIPANTE

Nombre y apellidos:			
Fecha de nacimiento:		Peso:	Talla:
Tipo de estudio en el que participa:			
Tensión arterial:			
Electrocardiograma:			
Lactato inicial		Lactato final	
¿Ha tenido o tiene alguna anomalía o enfermedad del sistema cardiorrespiratorio, endocrino-metabólico o músculo-esquelético?			
¿En el caso de que la pregunta anterior haya sido afirmativa, ¿Qué tipo de anomalía o patología ha tenido?			
¿Has tomado algún medicamento en los últimos días o en el día en que vas a realizar la prueba de esfuerzo? ¿Cuál/Cuáles?			
¿Has realizado algún entrenamiento realizando sentadillas, media sentadillas y/o press banca? ¿Durante cuánto tiempo?			

POR FAVOR, LEA A CONTINUACIÓN:

Usted va a realizar una prueba de ejercicio sobre un ergómetro (cicloergómetro o tapiz rodante). En un comienzo, la intensidad será baja y se aumentará la carga en períodos de tiempo

iguales, hasta que se obtenga su máximo esfuerzo. Durante la prueba se le solicitará que respire a través de una careta o boquilla para analizar su consumo de oxígeno. Este procedimiento no le impedirá respirar normalmente el aire de la sala. Durante los estadios de la prueba se le podrá extraer una pequeña muestra de sangre por medio de una punción en el pulpejo del dedo para el análisis del ácido láctico. Durante estas extracciones se seguirán procedimientos higiénicos con la mayor asepsia posible para evitar la infección de las heridas producidas en la piel. Además, se le monitorizará la frecuencia cardíaca y la presión arterial fijado con una banda elástica.

Si se observase cualquier signo anormal de fatiga, cambios repentinos en su frecuencia cardíaca, presión sanguínea o usted experimentase síntomas como mareos o descoordinación, se interrumpiría la prueba. Es importante que sepa que puede suspender la prueba, si lo desea, por sentir fatiga u otras molestias que no fuesen obvias para nosotros.

Existe la posibilidad de que ocurran anomalías en la tensión arterial, alteraciones en el ritmo cardíaco o, en raras ocasiones, fibrilación o parada cardiorrespiratoria. Todos nuestros esfuerzos estarán encaminados a minimizar estos riesgos y se mantendrá una observación cuidadosa durante la prueba. En caso de que se produjera una situación de emergencia, se le trasladaría con la mayor celeridad al hospital más cercano.

La información que usted nos oculte o desvirtúe acerca de síntomas anteriores relacionados con su sistema cardiorrespiratorio en situaciones de esfuerzo físico, puede aumentar el posible riesgo para su salud de esta prueba de esfuerzo. Usted deberá informarnos si padece alguna anomalía o enfermedad del sistema cardiorrespiratorio, endocrino-metabólico o músculo-esquelético.

La información acerca de cualquiera de los siguientes síntomas durante la práctica del ejercicio es de vital importancia, y debería comunicárnoslo de inmediato:

- Dificultad respiratoria con bajo nivel de actividad física.
- Dolor o sensación de opresión en el pecho, cuello, mandíbula, espalda o brazos.
- Taquicardias, arritmias o historial familiar de muerte súbita.

Igualmente debe comunicarnos cuáles son los medicamentos que esté tomando en los últimos días y especialmente los ingeridos el mismo día de la prueba. Los beneficios que usted podrá obtener con los resultados de esta prueba son el de conocer sus capacidades físicas y su rendimiento deportivo o el diagnóstico de alguna enfermedad cardiovascular.

Cualquier pregunta o duda que tenga acerca de la prueba, por favor debe hacérsela saber y se

la resolveremos. La información fruto de esta prueba de esfuerzo será confidencial y no será revelada a ninguna persona, excepto a su médico y/o entrenador, si usted lo desea. Sin embargo, esta información puede ser usada para análisis estadísticos y propósitos científicos conservando siempre su anonimato.

ACEPTO voluntariamente realizar la prueba de esfuerzo para determinar el nivel de capacidad física, rendimiento deportivo o el estado de salud cardiovascular. Entiendo que puedo suspender la prueba en cualquier momento si así lo decidiese. Se me ha ofrecido una copia de esta hoja para quedármela si lo deseo.

He leído y entendido los procedimientos de la prueba de esfuerzo y el riesgo que puede conllevar la misma y he recibido una respuesta satisfactoria a mis preguntas acerca de la misma.

Fecha:

Nombre y Apellidos

Firma del participante

Firma del testigo

CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PARTICIPACIÓN EN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

Título del estudio:

Yo, _____, mayor de edad, con D.N.I nº _____, y en calidad de alumno de la Universidad Alfonso X el Sabio.

He recibido suficiente información sobre el estudio en el que se me propone participar.

He podido hacer preguntas sobre el mismo y he recibido respuestas satisfactorias a mis preguntas.

He hablado con los responsables del estudio y me han puesto al tanto de todos los pormenores del mismo.

Comprendo que la participación en el estudio es voluntaria y que puedo retirarme del mismo cuando quiera previa notificación con la debida antelación para no trastornar el desarrollo del mismo.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Lo que firmo en _____ a ____ de _____ de 2011

Firma del participante:

Rutina 1

1



2



3



4



5



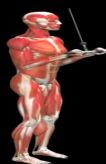
6



7



8

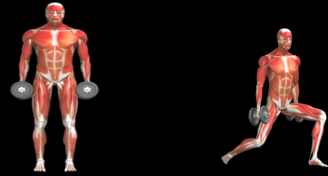


Rutina 2

1



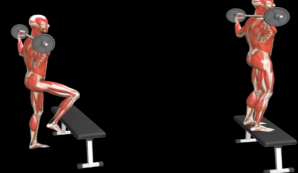
2



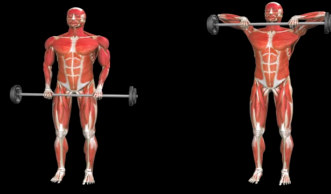
3



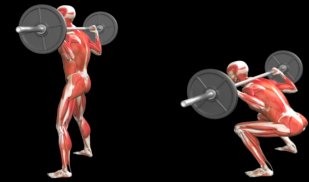
4



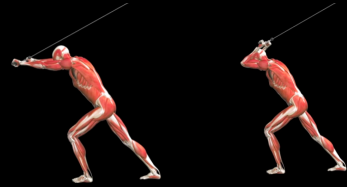
5



6

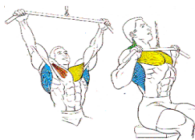
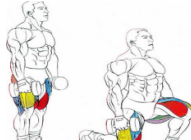


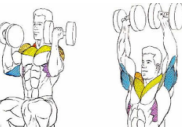
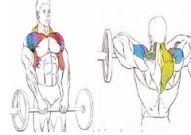

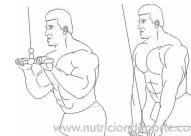



7



8



Nombre y apellidos _____					Fecha _____								
Objetivo _____					Grupos musculares _____								
Calentamiento _____					Materiales _____								
Tabla de ejercicios													
Ejercicio 1		S	CE	IR(%)	DR	Rc(S)	Ejercicio 2		S	CE	IR(%)	DR	Rc(S)
Polea dorsal		VE	REP.	IA(Kg)	DA	Rc(E)	Steps mancuernas		VE	REP.	IA(Kg)	DA	Rc(E)
		Consideraciones/Borg:							Consideraciones/Borg:				
Ejercicio 3		S	CE	IR(%)	DR	Rc(S)	Ejercicio 4		S	CE	IR(%)	DR	Rc(S)
Press inclinado		VE	REP.	IA(Kg)	DA	Rc(E)	Subidas al banco lateral		VE	REP.	IA(Kg)	DA	Rc(E)
		Consideraciones/Borg:							Consideraciones/Borg:				
Ejercicio 5		S	CE	IR(%)	DR	Rc(S)	Ejercicio 6		S	CE	IR(%)	DR	Rc(S)
Press Hombro		VE	REP.	IA(Kg)	DA	Rc(E)	Arrancada+Cargada		VE	REP.	IA(Kg)	DA	Rc(E)
		Consideraciones/Borg:							Consideraciones/Borg:				
Ejercicio 7		S	CE	IR(%)	DR	Rc(S)	Ejercicio 8		S	CE	IR(%)	DR	Rc(S)
Biceps mancuerna		VE	REP.	IA(Kg)	DA	Rc(E)	Trícep polea baja		VE	REP.	IA(Kg)	DA	Rc(E)
		Consideraciones/Borg:							Consideraciones/Borg:				
Ejercicio 9		S	CE	IR(%)	DR	Rc(S)	Ejercicio 10		S	CE	IR(%)	DR	Rc(S)
		VE	REP.	IA(Kg)	DA	Rc(E)			VE	REP.	IA(Kg)	DA	Rc(E)
		Consideraciones/Borg:							Consideraciones/Borg:				
Periodización y componentes de la carga													
Macro ciclo						VT (Kgs)	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> ■ Intensidad absoluta ■ Densidad ■ Volumen </div> 						
Periodo						0							
Mesociclo						IA							
Microciclo						#j DIV/0!							
Fecha:						Densidad							
Nº ses/sem.						#j DIV/0!							
Observaciones/Borg sesión:													

SECCIÓN I. INTRODUCCIÓN

Figura 1.1 Actividad física y deportiva necesaria para llevar una vida activa y sana.

SECCIÓN II. MARCO TEÓRICO

Capítulo I.

Figura 2.1.1. Modalidad deportiva de la halterofilia.

Figura 2.1.2. Modalidad deportiva del powerlifting.

Figura 2.1.3. Modalidad deportiva del culturismo

Figura 2.1.4. Diferentes aparatos inestables.

Capítulo III.

Figura 2.3.1. Ejemplos de ejercicios con sobrecarga específicos.

Figura 2.3.2. Clasificación de los ejercicios.

Figura 2.3.3. Recomendaciones del incremento de la carga.

Figura 2.3.4. Ejemplos de ejercicios con pesos libres, guiados e inestables.

Figura 2.3.5. Aparatos inestables utilizados en el programa de entrenamiento:

Bosu® y TRX®.

Capítulo VI.

Figura 2.6.1. Mapa conceptual sobre la interpretación del problema.

SECCIÓN IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Capítulo IX.

Figura 4.9.1. Salto squat jump (SJ).

Figura 4.9.2. Salto counter movement jump (CMJ).

Figura 4.9.3. Software del T-Force Dynamic Measurement System.

Figura 4.9.4. Tapiz rodante.

Figura 4.9.5. Pulsómetro.

Figura 4.9.6. Optojump System.

Figura 4.9.7. Evaluación de la Fuerza, potencia y velocidad de movimiento en la Máquina Smith.

Figura 4.9.8. Discos y barras.

Figura 4.9.9. Sala de calentamiento.

TABLAS

SECCIÓN II. MARCO TEÓRICO

Capítulo III.

Tabla 2.3.1. Relación entre los objetivos del entrenamiento, repeticiones realizadas, volumen de entrenamiento y periodos de recuperación.

Capítulo V.

Tabla 2.5.1 Escala de Borg.

Tabla 2.5.2. Relación entre la RPE, la RPE (1-10), la FC y el porcentaje de intensidad relativo.

SECCIÓN IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Capítulo IX.

Tabla 4.9.1. Características de los participantes.

Tabla 4.9.2. Clasificación de la muestra en función del estado de entrenamiento y nivel de experiencia de los sujetos en el entrenamiento con resistencias.

Tabla 4.9.3. Variables medidas cardiorrespiratorias en valores máximos.

Tabla 4.9.4. Variables medidas cardiorrespiratorias en VT_1 .

Tabla 4.9.5. Variables medidas cardiorrespiratorias en VT_2 .

Tabla 4.9.6. Variables medidas en la capacidad de salto.

Tabla 4.9.7. Variables medidas de fuerza, velocidad y potencia en la SC.

Tabla 4.9.8. Variables medidas de fuerza, velocidad y potencia en el PB.

Tabla 4.9.9. Protocolo para la evaluación de la capacidad de salto.

Tabla 4.9.10. Protocolo para la evaluación de la SC y BP.

Tabla 4.9.11. Relación entre la RPE y los componentes de la carga establecidos.

Tabla 4.9.12. Ejercicios realizados en ambos programas de entrenamiento.

SECCIÓN V. RESULTADOS

Capítulo X.

Tabla 5.10.1. Resultados variables cardiorrespiratorias máximas.

Tabla 5.10.2. Efecto de la magnitud en las variables cardiorrespiratorias máximas.

Tabla 5.10.3. Resultados variables cardiorrespiratorias a primer umbral ventilatorio (VT_1).

Tabla 5.10.4. Efecto de la magnitud en las variables cardiorrespiratorias en VT_1 .

Tabla 5.10.5. Resultados variables cardiorrespiratorias a VT_2 .

Tabla 5.10.6. Efecto de la magnitud en las variables cardiorrespiratorias en VT_2 .

Capítulo XI.

Tabla 5.11.1 Resultados de las variables de la capacidad de salto.

Tabla 5.11.2. Efecto de la magnitud del SJ y CMJ.

Tabla 5.11.3. Resultados de los test realizados en el ejercicio SC.

Tabla 5.11.4 Efecto de la magnitud en la SC de las variables RM, VM y VP.

Tabla 5.11.5. Efecto de la magnitud en la SC de las variables PM y PP.

Tabla 5.11.6. Resultados de los test realizados en el ejercicio PB.

Tabla 5.11.7 Efecto de la magnitud en el PB de las variables RM, VM y VP.

Tabla 5.11.8 Efecto de la magnitud en el PB de las variables PM y PP.

Capítulo XII.

Tabla 5.12.1. Diferencias en la RPE entre ejercicios del GI y GT.

Tabla 5.12.2. Desarrollo de un modelo de escala de percepción del esfuerzo.

GRÁFICOS

SECCIÓN II. MARCO TEÓRICO

Capítulo I.

Gráfico 2.1.1. Traducción de términos en inglés relacionados con las capacidades físicas.

Capítulo II.

Gráfico 2.2.1 Efectos del entrenamiento con resistencias en el VO_{2max} .

Capítulo III.

Gráfico 2.3.1. Factores que condicionan las adaptaciones en el RT.

Gráfico 2.3.2. Evolución del volumen en los diferentes modelos de periodización.

Gráfico 2.3.3. Evolución de la intensidad en los diferentes modelos de periodización.

Gráfico 2.3.4. Efectos de los posibles estímulos que se pueden aplicar en el proceso de entrenamiento.

Gráfico 2.3.5. Objetivos del entrenamiento en función de las repeticiones realizadas.

Capítulo IV.

Gráfico 2.4.1. Ejemplo de colocación de las estaciones en circuito.

SECCIÓN IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Capítulo IX.

Gráfico 4.9.1. RPE utilizada.

Gráfico 4.9.2. Periodización del programa de entrenamiento.

Gráfico 4.9.3. Tiempos de recuperación establecidos en el programa de entrenamiento.

Gráfico 4.9.4. Incremento de la carga en función de la RPE.

SECCIÓN V. RESULTADOS

Capítulo X.

Gráfico 5.10.1. Comparativa del VO_{2max} entre el PRE y POS entrenamiento.

Gráfico 5.10.2. Comparativa de la FC_{max} entre el PRE y POS entrenamiento.

Gráfico 5.10.3. Comparativa de la V_{max} entre el PRE y POS entrenamiento.

Gráfico 5.10.4. Comparativa del VO_2 a VT_1 entre el PRE y POS entrenamiento.

Gráfico 5.10.5. Comparativa del $\%VO_2$ a VT_1 entre el PRE y POS entrenamiento.

Gráfico 5.10.6. Comparativa de la FC a VT_1 entre el PRE y POS entrenamiento.

Gráfico 5.10.7. Comparativa del VO_2 a VT_2 entre el PRE y POS entrenamiento.

Gráfico 5.10.8. Comparativa de la FC a VT_2 entre el PRE y POS entrenamiento.

Capítulo XI.

Gráfico 5.11.1. Diferencias en el Squat Jump entre el pre y postest.

Gráfico 5.11.2. Diferencias en el CMJ entre el pre y postest.

Gráfico 5.11.3. Mejoras en el Squat Jump después de 7 semanas de entrenamiento.

Gráfico 5.11.4. Mejoras en el CMJ después de 7 semanas de entrenamiento.

Gráfico 5.11.5. Diferencias en el efecto de la magnitud en el ejercicio SC.

Gráfico 5.11.6. Diferencias en el efecto de la magnitud en el ejercicio PB

Capítulo XII.

Gráfico 5.12.1. Comparativa en la RPE entre el inicio y el final del programa de entrenamiento.

Gráfico 5.12.2. Análisis del ratio de esfuerzo (RPE) comparando GT y GI.

Gráfico 5.12.3. Regresión lineal establecida en los ejercicios del GT y GI.

ESQUEMAS

SECCIÓN III. PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Capítulo VIII.

Esquema 3.8.1. Organización y planificación del diseño de la investigación.

ACSM: American College of Sports Medicine.

AD: Mesociclo de adaptación.

AJ: Microciclo de ajuste.

ASEP: American Society of Exercise Physiology.

cm: centímetro.

CMJ: counter movement jump/ salto con contramovimiento.

cols.: colaboradores

CON: concéntricas.

CV: coeficiente de variación.

D: densidad.

DP: densidad percibida.

EN: Mesociclo de entrenamiento.

etc.: etcétera.

EXC: excéntricas.

Ej.: ejemplo.

ES: tamaño del efecto.

F: Fuerza.

FA: Microciclo de familiarización.

FC: frecuencia cardiaca.

FC_{max}: frecuencia cardiaca máxima.

Fig.: figura.

FM: fuerza máxima.

FMD: fuerza máxima dinámica.

G: grupo

GC: Grupo control.

GCA: gasto cardiaco.

GH: Hormona de crecimiento.

GI: Grupo inestabilidad.

GT: Grupo tradicional

h: hora.

I: intensidad.

ICC: coeficiente de correlación intraclase.

ISO: Isométricas.

K: Microciclo de carga.

kg: kilogramo.

km: kilómetro.

lpm: latidos por minuto.

m: metros.

min.: minuto.

ml: mililitros.

N: Newton

nº: número.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

P: potencia.

PB: press de banca.

PBs: Periodo básico.

PE: periodo específico.

P_{ET}CO₂: presión parcial de dióxido de carbono.

$P_{ET}O_2$: presión parcial de oxígeno.

$P_{media/PM}$: Potencia media.

Pos: Evaluaciones finales posttest.

$P_{pico/PP}$: Potencia pico.

PRE: Evaluaciones iniciales pretest.

R: recuperación.

RER: tasa de intercambio ventilatorio.

RER_{max} : tasa de intercambio ventilatorio máxima

rep.: repeticiones.

REP: rango de esfuerzo percibido.

RFD: ratio of force development.

RM: repetición máxima.

RPE: rating of perceived effort.

Rs: resistencia.

RT: Resistance training.

s: segundo.

SC: sentadilla completa.

SD: Desviación estándar.

SJ: squat jump/salto sin contramovimiento.

SP: potencia estadística.

TFDMS: T-Force Dynamic Measurement System.

Ti: tiempo

TR: tiempo de recuperación.

TRP: tiempo de recuperación percibida.

UL: Umbral láctico.

V: velocidad.

VAM: velocidad aeróbica máxima.

VE: Ventilación.

$VE \cdot VO_2^{-1}$: equivalente ventilatorio de oxígeno.

$VE \cdot VCO_2^{-1}$: equivalente ventilatorio de dióxido de carbono.

VIP: volumen e intensidad percibida.

Vmedia/VM: Velocidad media.

Vo: volumen.

VO₂: consumo de oxígeno.

VO_{2max}: consumo de oxígeno máximo.

Vpico/VP: Velocidad pico.

VS.: versus

VSIS: volumen sistólico.

VT₁: primer umbral ventilatorio.

VT₂: segundo umbral ventilatorio.

W: vatios.

X: media

