

UNIVERSITAT DE VALENCIA

**DEPARTAMENTO DE METODOLOGÍA, PSICOBIOLOGÍA Y
PSICOLOGÍA SOCIAL**

AREA DE PSICOBIOLOGÍA

**EFFECTO DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO
DE FUERZA SOBRE LOS NIVELES DE
TESTOSTERONA Y CORTISOL Y EL ESTADO DE
ÁNIMO EN ADOLESCENTES**

Tesis Doctoral presentada por:

Carlos Pablos Abella

Dirigida por:

Alicia Salvador Fernández-Montejo



UMI Number: U602942

All rights reserved

INFORMATION TO ALL USERS

The quality of this reproduction is dependent upon the quality of the copy submitted.

In the unlikely event that the author did not send a complete manuscript and there are missing pages, these will be noted. Also, if material had to be removed, a note will indicate the deletion.



UMI U602942

Published by ProQuest LLC 2014. Copyright in the Dissertation held by the Author.
Microform Edition © ProQuest LLC.

All rights reserved. This work is protected against
unauthorized copying under Title 17, United States Code.



ProQuest LLC
789 East Eisenhower Parkway
P.O. Box 1346
Ann Arbor, MI 48106-1346

D. 386.255

L. 386.257



UNIVERSIDAD DE VALENCIA
FACULTAD DE PSICOLOGIA
BIBLIOTECA
Reg. de entrada nº 7820
Fecha: 18-9-95
Signatura PT428

BID. T 1275

UNIVERSITAT DE VALENCIA

Facultad de Psicología
Area de Psicobiología

DOÑA ALICIA SALVADOR FERNANDEZ-MONTEJO, Profesora Titular del Area de Psicobiología de la Facultad de Psicología de la Universitat de València,

INFORMA

Que como Directora de la Tesis Doctoral "Efecto de un programa de entrenamiento de fuerza sobre los niveles de testosterona y cortisol y el estado de ánimo en adolescentes" realizada por D. Carlos Pablos Abella, ha examinado el mencionado trabajo y hace constar su autorización para que sea presentada en la Facultad de Psicología y se inicien los trámites conducentes a la defensa de la misma.

Y para que así conste firma la presente en Valencia, a dieciocho de mayo de mil novecientos noventa y cinco

Fdo.: Dra. Alicia Salvador Fernández-Montejo

AGRADECIMIENTOS

Deseo dar las gracias en primer lugar a mi directora de tesis, la Dra. Alicia Salvador, puesto que sin su apoyo personal ante momentos de cansancio y las facilidades dadas para poder realizar los análisis de saliva y estudios estadísticos, así como sus sugerencias y orientaciones, no hubiera sido posible la conclusión de este trabajo. Igualmente quiero expresarle mi agradecimiento por todo lo aprendido durante estos años bajo su dirección.

También deseo agradecer la colaboración de Esperanza González, cuya dedicación de muchas horas y esfuerzos de apoyo en el trabajo ha sido muy estimable haciéndome fáciles y llevaderos algunos campos que no dominaba. Asimismo quiero agradecer a Marta Rodríguez y Alfredo Gilabert su colaboración en las determinaciones hormonales y especialmente el apoyo y supervisión del Dr. Pascual Bolufer en este tema. Quiero también hacer constar mi agradecimiento a todos los miembros del grupo de investigación de Psicobiología del Deporte y de la Actividad Física, con los que he compartido "ordenadores" y "descansos", y a la CICIT que ha financiado el proyecto de investigación, dentro del cual se ha desarrollado esta tesis.

Doy gracias al grupo de alumnos que participaron en el entrenamiento y en las tomas de datos así como al Departamento de Educación Física y la Dirección del IB Ramón Llull de Valencia que nos permitió realizar la investigación en sus instalaciones.

Igualmente agradezco las facilidades prestadas por el IVEF y a todos los amigos que siempre me han dado su apoyo.

Por último quiero agradecer a mi mujer M^a José y mis hijas Ana y Mónica la comprensión y cariño dado durante el tiempo que ha durado el trabajo, pues sin ello, no la hubiera concluído.

ÍNDICE

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. RESPUESTA HORMONAL AL EJERCICIO FÍSICO

1. IMPORTANCIA DE LAS HORMONAS EN EL EJERCICIO	15
2. DESCRIPCIÓN DE LA TESTOSTERONA Y DEL CORTISOL	
2.1. Testosterona	21
2.1.1. Descripción	21
2.1.2. Síntesis, secreción, metabolismo y transporte	22
2.1.3. Acciones	26
2.2. Cortisol	27
2.2.1. Descripción	27
2.2.2. Síntesis, secreción, metabolismo y transporte	28
2.2.3. Acciones	31
3. CAMBIOS EN LOS NIVELES HORMONALES EN RESPUESTA AL EJERCICIO FÍSICO	
3.1. Respuestas de la testosterona al ejercicio físico	34
3.2. Respuestas del cortisol al ejercicio físico	41
4. CAMBIOS EN LOS NIVELES HORMONALES DE ADOLESCENTES EN RESPUESTA AL EJERCICIO FÍSICO	48

CAPÍTULO 2. RESPUESTA DE LA TESTOSTERONA Y EL CORTISOL AL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO.

1. INTRODUCCIÓN	53
2. RESPUESTA DE LA TESTOSTERONA AL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO	55
3. RESPUESTA DEL CORTISOL AL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO	65
4. RESPUESTA DE LA TESTOSTERONA Y EL CORTISOL AL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO EN ADOLESCENTES	72

CAPÍTULO 3. CONTROL DEL ENTRENAMIENTO

1. INTRODUCCIÓN	77
2. RATIO TESTOSTERONA/CORTISOL	79
3. CONTROL DEL ESTADO DE ÁNIMO: POMS	87

CAPÍTULO 4. CARACTERÍSTICAS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

1. ADAPTACIONES DEL ORGANISMO AL ENTRENAMIENTO DE FUERZA	93
2. SISTEMAS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA	102
2.1. Entrenamiento dinámico o auxotónico	103
2.2. Entrenamiento estático o isométrico	104
2.3. Entrenamiento de fuerza-resistencia, de fuerza máxima y de fuerza explosiva	105
2.3.1. Entrenamiento de fuerza-resistencia	106
2.3.2. Entrenamiento de fuerza máxima	106
2.3.3. Entrenamiento de fuerza explosiva	107
3. ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN ADOLESCENTES	108

CAPÍTULO 5. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1. OBJETIVOS	115
2. HIPÓTESIS	117
2.1. Efectos del entrenamiento en circuito sobre la fuerza en los adolescentes	117
2.2. Respuesta hormonal específica al entrenamiento de fuerza	118
2.3. Respuesta de la ratio T/C al entrenamiento	120
2.4. Estados de ánimo en relación al entrenamiento	121

CAPÍTULO 6. MATERIAL Y MÉTODOS

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	125
2. DISEÑO EXPERIMENTAL	131
3. MÉTODO DE ENTRENAMIENTO	137
3.1. Elección del método de entrenamiento	137
3.2. Justificación del uso de dos circuitos	140
3.3. Organización de los circuitos	141
3.3.1. Ejercicios del 1º circuito	142
3.3.2. Ejercicios del 2º circuito	146
4. MEDIDAS	150
4.1. Variables de fuerza	150
4.2. Variables hormonales	154
4.3. Variables psicológicas	155
5. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	156

CAPÍTULO 7. EFECTOS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DURANTE EL PERÍODO I

1. INTRODUCCIÓN	161
2. HOMBRES	162
2.1. Efectos sobre la fuerza	162
2.2. Respuesta hormonal	164
2.3. Estado de ánimo	169
3. MUJERES	174
3.1. Efectos sobre la fuerza	174
3.2. Respuesta hormonal	176
3.3. Estado de ánimo	179

CAPÍTULO 8. EFECTOS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DURANTE EL PERÍODO II

1. INTRODUCCIÓN	187
2. HOMBRES	187
2.1. Efectos sobre la fuerza	187
2.2. Respuesta hormonal	190
2.3. Estado de ánimo	194
3. MUJERES	199
3.1. Efectos sobre la fuerza	199
3.2. Respuesta hormonal	201
3.3. Estado de ánimo	204

CAPÍTULO 9. EFECTOS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO

1. INTRODUCCIÓN	213
2. MODIFICACIONES PRODUCIDAS POR EL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO	214
2.1. Evolución de los parámetros medidos en el grupo experimental	214
2.2. Comparación de la evolución con el grupo control	218
3. COMPARACIÓN DE LOS EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO EN HOMBRES Y MUJERES	221
4. INFLUENCIA DEL GRADO DE ENTRENAMIENTO	224
4.1. Diferencias iniciales en función del entrenamiento previo	224
4.2. Evolución de los efectos del entrenamiento en función del grado de entrenamiento	228
5. RELACIONES ENTRE LAS MEDIDAS EMPLEADAS	229
6. APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SOBREENTRENAMIENTO	229

CAPÍTULO 10. DISCUSIÓN

235

CAPÍTULO 11. CONCLUSIONES

255

REFERENCIAS

261

ANEXO

281

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico supone un estrés al individuo, que va a producir variaciones en sus niveles hormonales. Entre las hormonas afectadas destacan la testosterona como principal anabolizante y el cortisol como principal catabolizante. Estas variaciones, son moduladas por múltiples factores (intensidad, duración,..). En la última década, se ha puesto de manifiesto el grado de entrenamiento como otra variable moduladora, hasta el punto de ser el entrenamiento un factor clave para entender la respuesta hormonal.

El entrenamiento deportivo se basa en aplicar de forma continuada y pedagógica una serie de ejercicios físicos que fuercen al organismo a alteraciones continuas intercalando períodos de menor intensidad que posibiliten la adaptación a dichos esfuerzos.

En el rendimiento deportivo es necesaria la conjugación de muchos factores específicos del propio deporte en un momento determinado. Uno de estos factores son las cualidades físicas entre las que se encuentra la fuerza.

No todos los deportes requieren el mismo tipo de fuerza, pero es necesario que su construcción se realice en un proceso de larga formación deportiva para que el deportista pueda soportar sin mucho peligro de lesiones la gran intensidad de entrenamiento específico que se requiere para alcanzar buenos niveles de rendimiento. Sabemos que el organismo no puede soportar las cargas de entrenamiento de forma ininterrumpidamente creciente sin alternar fases de regeneración que posibiliten la adaptación. Por tanto, es importante aplicar las cargas de entrenamiento más adecuadas a la edad y nivel del deportista, controlando su efecto para que de esa forma se consiga la mejora más óptima y no se llegue a un sobreentrenamiento o a un bajo nivel de entrenamiento.

El interés por los efectos del entrenamiento ha ido en aumento al sugerirse que modifica no solamente la respuesta hormonal al esfuerzo físico sino que incluso modifica los niveles basales de estas hormonas.

Para cuantificar los efectos catabolizantes y anabolizantes de los esfuerzos físicos, bien de fuerte intensidad y corta duración o de mediana intensidad y más larga duración, se utilizan los niveles de cortisol, de testosterona y la ratio T/C para valorar si la recuperación del organismo tras el entrenamiento es buena o se está aproximando al sobreentrenamiento.

Existen diversos estudios con deportistas adultos en donde se analiza la evolución de estas hormonas en relación a ejercicios de resistencia y de fuerza y con períodos de entrenamiento en distintos deportes, así como con programas de entrenamiento de fuerza, pero sin embargo, apenas hay estudios con adolescentes.

Si deseamos llevar una correcta planificación del entrenamiento desde las primeras edades, es necesario aplicar las cargas de fuerza óptimas. Para ello, hay que controlar los efectos del entrenamiento en general. Para controlar los efectos de las distintas intensidades de las cargas, se pueden utilizar los niveles hormonales de testosterona, cortisol y su ratio T/C que permitan adecuar las cargas a los distintos individuos. Pero previamente nos interesa saber si las respuestas de los niveles hormonales de estos al esfuerzo son similares a los adultos, puesto que a estas edades hay grandes cambios hormonales acompañados además de variaciones en el carácter.

El presente estudio ha tenido como objetivo explorar los efectos de un programa de desarrollo de la fuerza muscular sobre los niveles basales de testosterona (hormona anabolizante) y cortisol (catabolizante) y el estado afectivo de los adolescentes sometidos a dicho programa. Se ha constatado no sólo estas hormonas separadas sino también su ratio que es considerada como un índice de la efectividad del balance entre las vías anabólica y catabólica y también del posible sobreentrenamiento.

En la medida en que dicha ratio sea un buen indicador, es posible utilizarla para los ajustes en deportistas a veces sometidos a fuertes entrenamientos con poco descanso, pero también en grupos de riesgo como pueden ser los adolescentes, cuyo nivel de preparación es menor que los deportistas de élite y las cargas menores pueden producir en ellos sobreentrenamiento si no se combinan con buenos períodos de recuperación.

En el presente trabajo se aborda la respuesta de los adolescentes a un entrenamiento de fuerza de cuatro meses y medio subdividido en dos períodos de 11 sesiones de entrenamiento (dos sesiones semanales de 1 hora aproximada) en el primero y de 14 sesiones en el segundo, con un período de descanso entre ambos de 3 semanas, para ver la mejoría en su fuerza y su relación con los cambios de testosterona y cortisol experimentados a nivel basal, así como su relación con los estados de ánimo.

En el primer capítulo se aborda la importancia de las hormonas en el ejercicio, las características fisiológicas más relevantes de la testosterona y el cortisol y en especial las variaciones sufridas por éstas ante los distintos tipos de ejercicios, tanto en adultos como en adolescentes, teniendo en cuenta el sexo de las poblaciones estudiadas. En el segundo se profundiza sobre las respuestas hormonales al entrenamiento en adultos y adolescentes, centrándonos en el tercer capítulo sobre la ratio testosterona/cortisol y el test Poms como medios de control del entrenamiento. En el capítulo cuarto vemos las características del entrenamiento de fuerza y las características de este tipo de entrenamiento en adolescentes. En el capítulo cinco se formulan las hipótesis y objetivos que han guiado este trabajo, y en el sexto se detalla el diseño y los restantes aspectos metodológicos del mismo. Los resultados vienen dados en los capítulos séptimo, octavo y noveno y por último en el capítulo décimo se presenta la discusión y en el undécimo las conclusiones.

CAPÍTULO 1

RESPUESTA HORMONAL AL EJERCICIO FÍSICO

RESPUESTA HORMONAL AL EJERCICIO FÍSICO

1. IMPORTANCIA DE LAS HORMONAS EN EL EJERCICIO:

Las hormonas están presentes en una gran cantidad de aspectos de la función corporal (como pueden ser el desarrollo, el crecimiento, la reproducción, el soporte de los distintos sobreesfuerzos consecuentes de cargas físicas y/o psíquicas, el mantenimiento del equilibrio interno mediante ajustes de ácido-bases y balance de los electrolitos) o también influyendo en la potenciación de los trabajos biológicos (facilitando la combustión necesaria para la obtención de la energía requerida).

El estudio de los efectos del ejercicio sobre la función endocrina es un área relativamente reciente de investigación, pues depende principalmente del desarrollo de la técnica de radio-inmunoensayo (RIA) aplicada por Yalow y Berson en 1960, que ha permitido la medición en nanogramos y picogramos de las hormonas en circulación. A pesar de que se han identificado un gran número de ellas, todavía no se sabe el papel fisiológico que juegan muchas durante el ejercicio (*Sutton, Farrell and Harber, 1988*).

La realización de un ejercicio viene acompañado de una gran cantidad de reacciones fisiológicas, con el objetivo de dar a los músculos la energía suficiente para su contracción. Estas reacciones van acompañadas de distintas respuestas hormonales con unas finalidades concretas (*Rieu, 1993*) como puede ser:

* Ayudar a la homeóstasis, limitando la pérdida de agua y sal por la sudoración en los esfuerzos de larga duración. Para ello, unas hormonas (la vasopresina -ADH- y la aldosterona) van a limitar las pérdidas de agua y sales a través de los riñones.

* Favorecer el suministro energético a los músculos activos por medio de la adrenalina, el glucagón y la hormona del crecimiento que van a movilizar las reservas de glucógeno del hígado y los lípidos del tejido adiposo para aumentar la liberación de glucosa y ácidos grasos a la sangre. El cortisol va a favorecer la síntesis de glucosa en el hígado (neoglucogénesis) a partir de los aminoácidos procedentes de la degradación de las proteínas. La testosterona que se libera durante el ejercicio favorece la síntesis proteínica.

El ejercicio físico produce dos tipos de acciones en lo que se refiere a la respuesta hormonal del organismo:

* catabolismo de los hidratos de carbono y

* respuesta de estrés no específico a la carga de trabajo.

Cualquiera de las dos produce un aumento en la secreción de hormonas específicas (*Frey, 1982*). El primer tipo de acción origina una disminución de la insulina, el aumento de glucagón y la mayor activación del sistema renina-angiotensina (vasopresión del sistema arterial). El segundo tipo de acción actúa sobre el eje hipotálamo-hipofisiario.

El ejercicio físico se puede considerar como un estímulo estresante, debido a la acción de someter al organismo a requerimientos superiores a los habituales. Esto hace que se produzcan modificaciones en las concentraciones hormonales que actúan ante los distintos tipos de estrés.

Los cambios hormonales en las concentraciones plasmáticas pueden ser interpretados como la respuesta fisiológica al ejercicio, si bien, muchas veces, el aumento de los niveles plasmáticos de una hormona durante el ejercicio puede ser debido a otros aspectos distintos a su mayor liberación, como la disminución de la actividad catabólica sobre esta hormona (tasa de aclaramiento metabólico). La mayoría de las hormonas son degradadas en el hígado, el cual ante un esfuerzo físico recibe un menor flujo sanguíneo debido a la mayor demanda por los grupos musculares que participan en el esfuerzo, y por tanto, reduce el potencial catabolizador sobre las hormonas circulantes (*Sutton et al., 1988*). Por otro lado, la mayor concentración sanguínea en los grupos musculares activos en el ejercicio físico, hace que llegue mayor cantidad de hormona activa a éstos, independientemente de que exista una mayor concentración de ésta en la sangre (*Kraemer, Kilgore, Kraemer y Castracane; 1992*). Las variaciones sufridas por los ejes hipotálamo-hipofiso-adrenal e hipotálamo-hipofiso-gonadal ante una situación de estrés hace que predomine el proceso catabólico sobre el anabólico, lo que es adecuado para el buen ajuste del organismo a corto plazo, dejando de serlo a largo plazo (*Salvador, 1995*).

A la hora de medir los efectos del ejercicio, se han utilizado pruebas de laboratorio, en donde se puede controlar la medición hormonal en todo momento, y pruebas de campo en donde se han tomado mediciones antes y después del ejercicio. Las variaciones entre un método y otro es que las **pruebas de campo** se realizan en situación real -y por tanto la respuesta del organismo es la que se dará en las propias competiciones o realización de los ejercicios, teniendo el inconveniente de no poder tomar datos durante el esfuerzo puesto que muchas acciones deportivas no permiten llevar los distintos aparatos durante la realización del esfuerzo -, y las **mediciones de laboratorio**, que facilitan las labores de toma de muestras, pero el esfuerzo es más diferente al de competición. Por ello, sea cual sea el tipo de prueba aplicada, hay que tener en cuenta sus características.

La mayoría de los estudios sobre respuestas hormonales al ejercicio o al entrenamiento se han realizado a través de mediciones invasivas y preferentemente con adultos. Pocas investigaciones se hicieron observando las variaciones hormonales en orina (*Fischer, Hartmann, Becker, Kommans, Mader and Hollmann; 1992*) o en saliva (*Corral, Mahon, Duncan, Howe and Craig -1994-; McCracken and Poland -1989-; Port -1991-; Vining, McGinley, Maksvyntis and Ho -1987-*). En ellos, se producen unos requerimientos del organismo mayores que cuando estamos en reposo, lo que conlleva a las hormonas a producir modificaciones para responder a las necesidades derivadas del fuerte estrés físico y psíquico que acompaña a dicha actividad.

Una de las alternativas a la valoración de los niveles de testosterona y cortisol en suero es la medición en saliva (*Corral et al. -1994-; McCracken et al. -1989-; Port -1991-; Vining et al. -1987-*). Debido a su característica no invasiva y a la validación por su correlación con los niveles en suero, es una herramienta buena para aplicar con niños y adolescentes.

Al comparar las distintas respuestas hormonales producidas por el ejercicio físico y/o entrenamiento deportivo, se pueden distinguir respuestas rápidas y respuestas retrasadas y de ello se deducen mecanismos de rápida y lenta activación (*Viru, 1992a*). Los cambios producidos van a depender de la intensidad del ejercicio. Cuando el umbral de intensidad de éste no es muy alto, se pueden desencadenar las respuestas hormonales a través de su duración. Además, mediante el entrenamiento, el umbral de intensidad del ejercicio aumenta y a la vez aumentan las capacidades funcionales del sistema endocrino. Hay que tener en cuenta que en muchas ocasiones, se producen cambios hormonales ante el ejercicio influidos por factores emocionales, suplementos de carbohidratos y condiciones ambientales (*Viru, 1992a*).

Existen distintas hormonas que se movilizan en mayor o menor medida durante la actividad física, dependiendo del tipo de ejercicio. Estas son agrupadas por *Sutton y otros (1988)* de la siguiente forma:

* Hormonas que participan en el metabolismo energético durante el ejercicio:

- Glucagón
- Insulina
- Catecolaminas
- Cortisol (C)
- Hormona del crecimiento (GH)

* Hormonas del aparato reproductor:

- Gonadotropinas: hormona luteinizante (LH) y hormona folículo-estimulante (FSH)
- Hormonas esteroideas gonadales: estradiol, progesterona, testosterona (T)

* Péptidos endógenos opioideos: endorfinas...

* Fluido y balance electrolítico :

- Renina
- Angiotensina
- Vasopresina (ADH)

El individuo reacciona mediante adaptaciones, que pueden ser profundas y de poca duración, como sucede ante cualquier esfuerzo que se realice aislado (ejercicio físico), o crónicas, como sucede ante una serie de acciones sobre el organismo que inciden con una cierta continuidad (entrenamiento) y que va a llevarlo a una adaptación más duradera (*Platonov, 1991*).

El ejercicio agudo y repetitivo está asociado con la liberación o inhibición de un determinado número de hormonas de la pituitaria (*Galbo, Hummer, Petersen, Christensen & Bie -1977-; Elias & Wilson -1993- Vermeulen; 1994*). Con el ejercicio baja la concentración de hormona luteinizante (LH), mientras que la hormona folículo estimulante (FSH) generalmente no es influenciada (*Elias et al., 1993*). Al igual que las gonadotropinas influyen sobre el medio ambiente hormonal, los estrógenos actúan a nivel pituitario, disminuyendo la amplitud de las pulsaciones de LH, mientras que los andrógenos actúan a nivel hipotalámico disminuyendo la frecuencia pulsátil. Por otro lado, se distinguen cambios en la estabilidad de los niveles hormonales comunes a todas las personas y cambios de tipo interindividual. Con respecto a la edad, se acepta que la función endocrina de las células de Leydig, activadas por la gonadotropina LH disminuye con la edad, aunque ocasionalmente no cambian los niveles de testosterona total en hombres ancianos con una excepcional salud (*Vermeulen; 1994*). Hay que distinguir entre respuestas rápidas y retrasadas. Las primeras dependen de la intensidad del ejercicio, utilizando dicha respuesta como medidor del umbral de intensidad. Hay veces que la intensidad del ejercicio no supera el umbral y sin embargo se desencadenan respuestas hormonales debido a la cantidad del ejercicio. Además, como se ha dicho, por medio del entrenamiento, el umbral de intensidad del ejercicio incrementa las capacidades funcionales del sistema endocrino. El ejercicio extremo puede producir cambios hormonales muy largos (*Viru, 1992b*).

Por lo tanto, al analizar las respuestas hormonales al ejercicio físico, hay que tener en cuenta una serie de variables que pueden influir más o menos en los resultados. Entre estas variables tenemos la intensidad, la duración, la masa corporal del ejercicio y los estados emocionales y condiciones ambientales, así como los suplementos de carbohidratos, que van a modular los cambios hormonales en el ejercicio.

2. DESCRIPCIÓN DE LA TESTOSTERONA Y DEL CORTISOL

2.1. TESTOSTERONA

2.1.1. Descripción

Es un esteroide C₁₉, con un grupo -OH en posición 17. Su fórmula se muestra en la figura 1.1.:

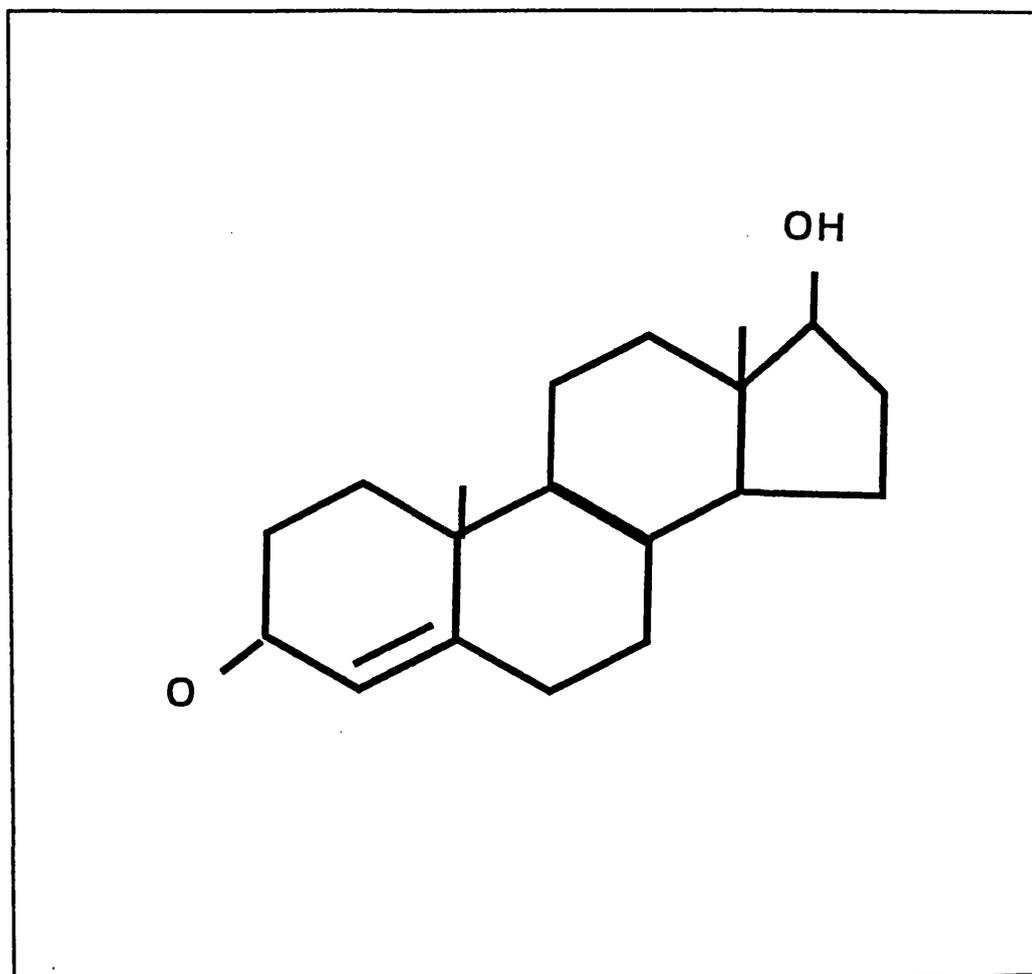


FIGURA 1.1 FÓRMULA DE LA TESTOSTERONA

Los compuestos esteroideos, que son sintetizados por la corteza suprarrenal y por las gónadas a partir del colesterol circulante, son además de la testosterona, las hormonas suprarrenales (mineralocorticoides y glucocorticoides), las restantes hormonas sexuales (andrógenos, progesterona y estrógenos gonadales) y la vitamina D con sus metabolitos.

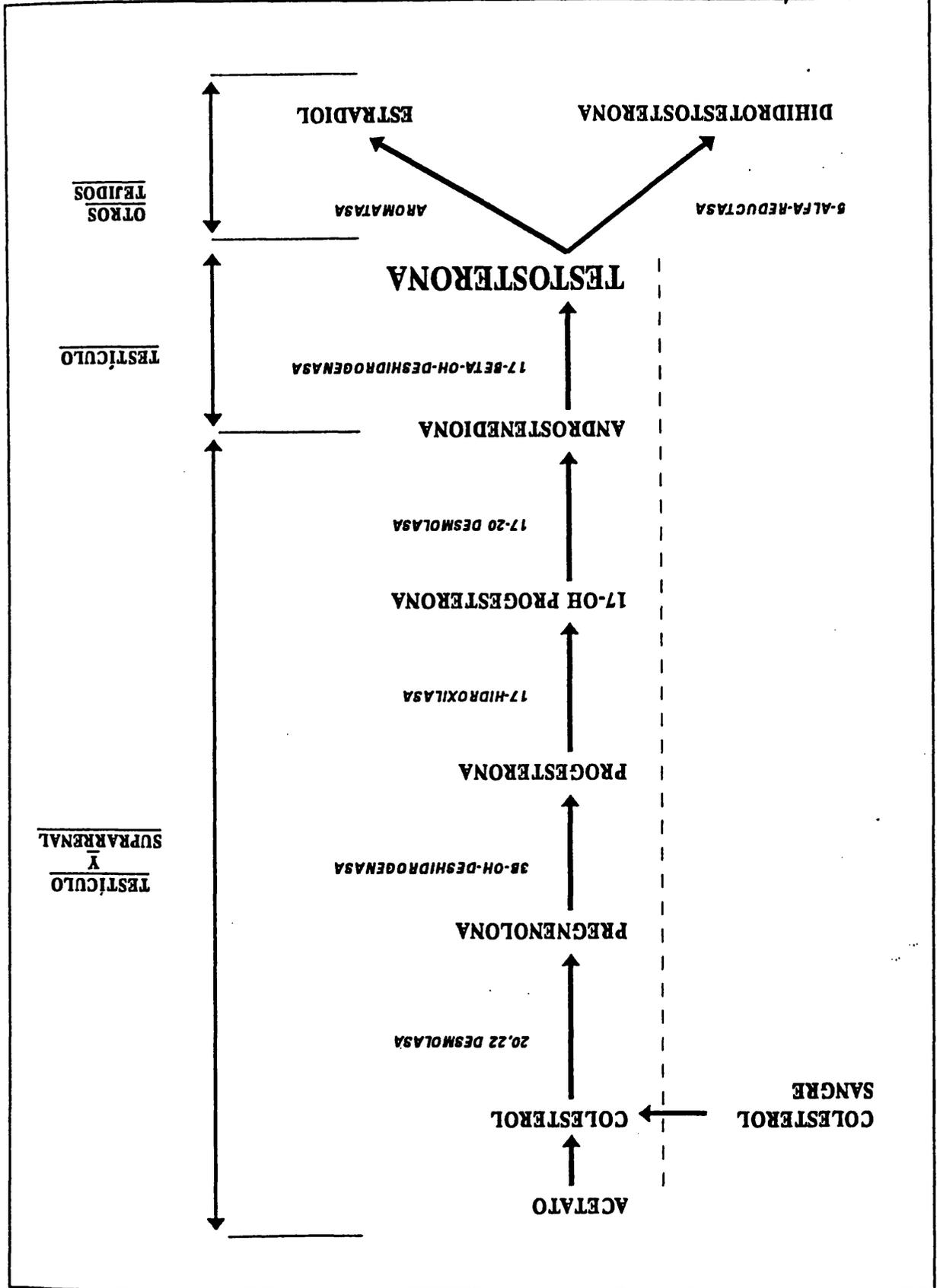
2.1.2. Síntesis, secreción, metabolismo y transporte

Síntesis

La testosterona se produce a partir de la degradación del colesterol en los ovarios, testículos y corteza suprarrenal, influenciado por la acción del hipotálamo sobre la adenohipófisis, la cual produce la secreción de las gonadotropinas (hormonas trópicas que proceden de la adenohipófisis) que estimulan ovarios y testículos, y de la adrenocorticotrópica (ACTH) que estimula la corteza suprarrenal.

La síntesis se produce a partir de la degradación del colesterol en pregnenolona y deshidroepiandrosterona. La pregnenolona se transforma en progesterona que se degrada a androstenediona que fácilmente se transforma en testosterona (figura 1.2). Estas se forman sobre todo en el testículo (células de Leydig) y en un pequeño número en el ovario (región hiliar). En la corteza suprarrenal se forma bastante deshidroepiandrosterona (DHEA) proveniente de la fracción de los 17-cestosteroides principalmente.

FIGURA 1.2. BIOSÍNTESIS DE LA TESTOSTERONA



Secreción, transporte y metabolismo

El testículo secreta androsterona, androstenediona, progesterona, 17-OH-progesterona y estradiol, aunque la principal secreción es la testosterona, que se envía al sistema circulatorio donde circula unida en su mayor parte a proteínas del plasma, principalmente la SHBG (Sex Hormone Binding Globuline), la albúmina y a una α -1-glicoproteína ácida. Una cantidad de 1 a 3% de testosterona circula en el plasma como testosterona libre. Solo esta fracción libre es biológicamente activa en los tejidos-diana y regula la secreción de las gonadotropinas hipofisarias.

La testosterona es transportada a través de la sangre unida a las proteínas del plasma. La mayor parte de la testosterona conjugada, que es soluble en agua, se excreta por el riñón, junto con un poco de testosterona libre no conjugada. Las cantidades normales de testosterona total en el hombre son entre 30 a 200 $\mu\text{g}/24$ h., siendo mayor la cantidad cuanto más joven sea este, mientras que la cantidad de testosterona total en la mujer es de 5 a 10 $\mu\text{g}/24$ h.

La testosterona y sus metabolitos son excretados por la orina principalmente en forma de metabolitos inactivos. Por otro lado, los andrógenos son metabolizados también hacia sulfato y glucurónidos lo que sucede normalmente en el hígado. Aproximadamente 1/3 de los 17-cetoesteroides urinarios proceden de la testosterona testicular. Como se puede observar en la figura 1.2., la testosterona se reduce de forma irreversible por medio de la 5- α -reductasa en dihidrotestosterona (DHT). Se suele producir en testículos y piel,

estimulando la diferenciación sexual masculina. Por otro lado también por medio de la aromatasa se aromatiza a estradiol en ciertos tejidos de ambos sexos: cerebro, tejido adiposo y mamas.

Como resultado de la modificación enzimática de la estructura esteroidea, se va eliminando irreversiblemente de la circulación (*Bradin y Paulsen, 1984*). La metabolización de la testosterona se produce en hígado (transformándose en otra hormona más activa o en esteroide inactivo que va a ser eliminado por vía biliar o urinaria) y también en otros órganos como pueden ser la piel o la próstata, donde sintetiza 17-oxosteroides y glucuronato de testosterona.

Los estrógenos secretados por las células de Leydig y las glándulas suprarrenales son eliminados por la orina casi completamente conjugados con ácido sulfúrico y glucurónico. El catabolismo de la testosterona se produce cuando se añaden 4 átomos de hidrógeno, lo cual produce su reducción. Se creía que el metabolismo esteroideo se producía para inactivar estas hormonas previamente a su excreción. Actualmente se sabe que tiene una gran importancia para producir la activación biológica de esta hormona (*Ganong, 1988*).

El control hormonal de testosterona secretada por las células de Leydig se realiza por medio de la LH secretada por la adenohipófisis. La LH estimula la esteroidogénesis testicular. Por otro lado la FSH parece ser que también estimula la síntesis de testosterona, aumentando el número de receptores a la LH de las células de Leydig. También se acepta que la T podría regular a nivel hipotalámico la síntesis y secreción de LHRH. La propia testosterona ejerce un mecanismo de retroalimentación negativo, inhibiendo la producción de LH a nivel adenohipofisario.

Debemos tener en cuenta que la producción de testosterona no es la misma a todas las horas del día, correspondiendo su mayor cantidad a la mañana. La secreción hipotalámica de LHRH es estimulada por catecolaminas e inhibida por péptidos opioides.

2.1.3. Acciones

Los andrógenos tienen dos efectos principales:

- * Efectos androgénicos y
- * Efectos anabolizantes.

Dentro de los efectos androgénicos se pueden distinguir dos períodos importantes: El prenatal, en donde juega un papel decisivo sobre la diferenciación sexual y esto se va a dar en un período concreto dentro del desarrollo prenatal (el sensitivo). Y el puberal, en donde la testosterona juega un importante papel en el crecimiento y las erecciones del pene, el crecimiento del epidídimo, de las vesículas seminales y de la próstata y el crecimiento, pigmentación del escroto, vellosexual, distribución del vello pubiano, aparición del vello axilar y barba, acné, aparición de la nuez de Adan, cambios de la voz, etc.

Entre los efectos anabolizantes, tenemos el aumento de la fuerza y de la musculatura, basado en la inducción de un balance positivo del nitrógeno, sodio, potasio y calcio. También la testosterona estimula la eritropoyesis y el crecimiento óseo. Esta acción anabolizante, se opone a la catabolizante de los glucocorticoides suprarrenales y tiene una gran importancia en el

crecimiento de los individuos y en su desarrollo muscular para posteriores rendimientos deportivos en donde estas cualidades son muy importantes.

2.2. CORTISOL

2.2.1. Descripción

El cortisol, también conocido como hidrocortisona, es un glucocorticoide cuya denominación química es Delta-4-pregnen-3,20-dion,11 β , 17 α ,21 triol (figura 1.3):

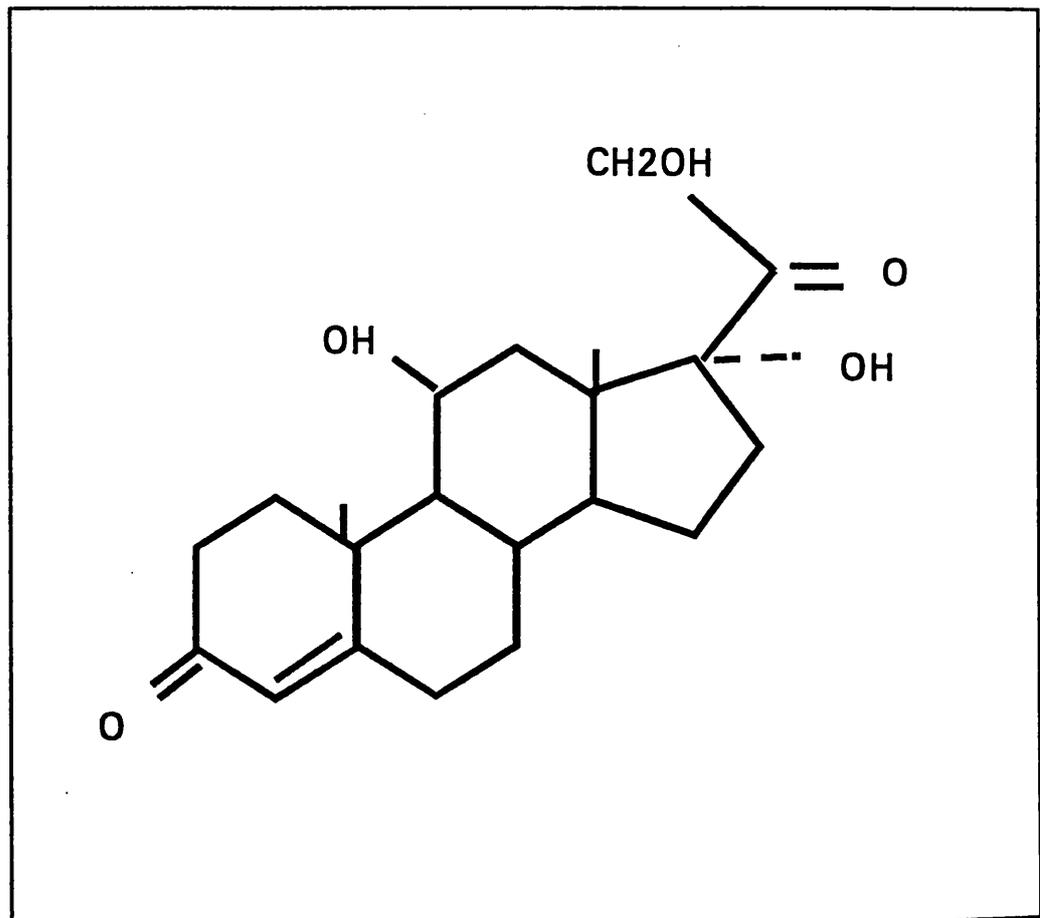


FIGURA 1.3. FÓRMULA DEL CORTISOL

2.2.2. Síntesis, secreción metabolismo y transporte

Síntesis

Es una de las hormonas esteroideas de la corteza suprarrenal, en donde se secretan distintos tipos de corticoides:

- * Mineralcorticoides
- * Glucocorticoides
- * Andrógenos

Dentro del grupo de los glucocorticoides, el más importante es el cortisol. Se sintetiza a partir del colesterol plasmático conjugado con lipoproteínas de baja densidad (LDL) en la corteza suprarrenal. Cuando la producción de corticosteroides es estimulada, la ACTH, además de incrementar la captación del colesterol plasmático, activa la enzima colesterol-esterasa, permitiendo la utilización del colesterol almacenado.

Secreción, transporte y metabolismo

Es el principal glucocorticoide secretado por las glándulas suprarrenales y su mayor o menor secreción va a depender del eje hipotalámico-hipofisario. Es el único glucocorticoide que puede inhibir la liberación de ACTH mediante un "servomecanismo", de forma que cuando hay una cantidad mayor de la normal en sangre, actúa sobre el área hipotalámica y el área hipofisiaria superior para inhibir la liberación de ACTH. Debemos tener en cuenta que la liberación de ACTH no es la misma durante todas las horas del día y por tanto

modifica también la del cortisol en el ritmo circadiano, siendo el nivel más bajo alrededor de la media noche (1 a 5 $\mu\text{g.}/100\text{ml.}$) y el más alto hacia las 8 h. de la mañana (15 a 20 $\mu\text{g.}/100\text{ml.}$) (Figura 1.4.). Este ritmo parece estar relacionado con un patrón de sueño regular nocturno y puede modificarse con las alteraciones del ritmo vigilia-sueño.

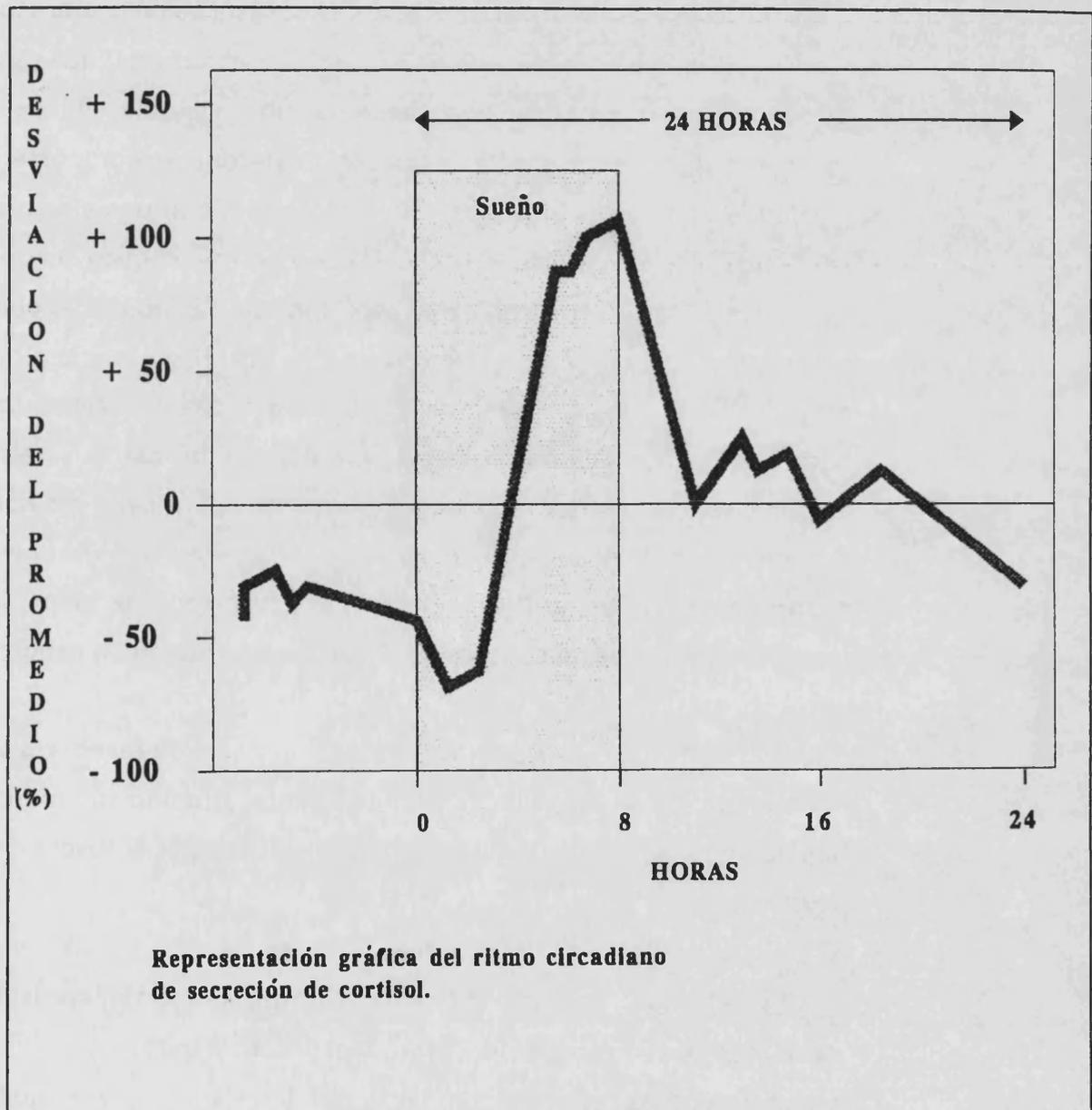


FIGURA 1.4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL RITMO CIRCADIANO DE SECRECIÓN DE CORTISOL

La tasa normal de secreción diaria de cortisol se encuentra en 17 mg. para el hombre y en 15 mg para la mujer. Esta cantidad es la mayor producida de entre los esteroides suprarrenales, puesto que la corticosterona que le sigue en producción, solamente llega a 3 ó 5 mg. diarios.

En lo que se refiere al transporte, el cortisol se une, sobre todo, a la CBG (Corticosteroid-Binding Globulin) o transcortina, que es una glucoproteína plasmática que presenta una elevada afinidad al cortisol, a la progesterona, la desoxicorticosterona, la corticosterona y algunos corticoides sintéticos. Esta globulina, con una vida media de cinco días, transporta el 70% del cortisol plasmático (unos 14 $\mu\text{g}/\text{dl}$). Un 20% del cortisol, es transportado por la albúmina, puesto que a pesar de tener una menor afinidad por él, se encuentra en mayores cantidades en la sangre. El 10% restante circula libre. Estos datos son en condiciones basales. Cuando ante un estrés se elevan los niveles de cortisol en sangre, aumenta en mayor medida la capacidad transportadora de la albúmina, llegando a soportar niveles superiores a 1000 $\mu\text{g}/\text{dl}$, mientras que la transcortina solo puede duplicar su nivel basal debido a su baja concentración en sangre.

El cortisol unido a proteínas, juega un papel de reserva, siendo la parte activa, aquella que se encuentra libre. Cuando se produce la depleción de esta, es cuando el organismo utiliza el cortisol unido a proteínas.

En lo que respecta al metabolismo periférico del cortisol, su catabolismo y conjugación se producen sobre todo, en el hígado, transformándose en glucuronato de tetrahydrocortisol que es rápidamente eliminado por el riñón. Otra vía de metabolización del

cortisol es su transformación en cortisona y su posterior eliminación por el riñón tras su conversión en glucuronato de tetrahidrocortisona. El metabolismo del cortisol puede modificarse por la administración de diversos medicamentos y en distintas situaciones y procesos, aunque estas alteraciones no suelen tener repercusión sobre la función glucocorticoidea, ya que la secreción de niveles plasmáticos y vida media del cortisol se mantienen normales.

2.2.3. Acciones

El cortisol es una hormona glucocorticoide de carácter catabólico que produce unas acciones biológicas que causan la desviación de los aminoácidos desde el músculo hacia el hígado para su desaminación, originando el agotamiento muscular. El exceso de glucocorticoides produce una menor síntesis de proteínas y una anulación brusca de la hormona hipofisiaria del crecimiento en los niños. Los aminoácidos desviados desde los músculos hacia el hígado en donde son desaminados, forman hidratos de carbono (principalmente glucógeno) y grasas. Esta mayor gluconeogénesis aumenta el nivel de glucosa en sangre, que es reducida por una mayor secreción de insulina proveniente de la célula β , la cual queda agotada en aquellas personas que tienen una reserva insulinogénica deficiente, pudiendo acarrear una diabetes permanente. El exceso de glucocorticoides provoca un aumento en el nivel de los lípidos y colesterol en el suero. También aumenta la secreción de ácido clorhídrico y de pepsina conllevando una mayor acidez gástrica. Al producirse trastornos en el metabolismo del calcio, aumenta la

excreción renal de éste y disminuye la absorción de calcio en los intestinos. Igualmente, con el aumento de cortisol, se observa una mayor retención de sodio en los túbulos renales. El cortisol también desvía los aminoácidos del tejido linfoide, provocando una notable reducción de tamaño y una lisis de los ganglios.

Una acción muy importante del cortisol es la antiinflamatoria y antialérgica.

Podemos ver las acciones biológicas de los glucocorticoides en los diversos órganos y sistemas, y los efectos indeseables producidos por el exceso de cortisol y de glucocorticoides sintéticos, en la tabla 1.1., (tomada de Krieger. *Foz, 1985*).

ACCIONES	EFFECTOS INDESEABLES
METABÓLICAS SOBRE HIDR. DE CARBONO ↑ GLUCONEOGÉNESIS ↓ DEPÓSITOS DE GLUCÓGENO ↓ CAPTACIÓN DE GLUCOSA EN CÉLULA	HIPERGLUCEMIA, GLUCOSURIA E HIPERINSULINISMO SECUNDARIO
METABÓLICAS SOBRE GRASAS ↓ LIPOGÉNESIS ↑ LIPOLISIS ↑ GLICEROL Y ÁCIDOS GRASOS	OBESIDAD FACIOTRONCULAR CON ACUMULACIÓN DE GRASAS EN LA NUCA
METABOLISMO SOBRE PROTEÍNAS ↑ CATABOLISMO CON BALANCE - DE N ↓ SÍNTESIS DEL COLÁGENO	ATROFIA Y DEBILIDAD MUSCULAR, ESTRIAS ROJOVINOSAS, OSTEOPOROSIS Y RETRASO EN CICATRIZACIÓN HERIDAS
AGUA Y ELECTRÓLITOS ↑ ACLARAMIENTO DE AGUA LIBRE RETENCIÓN DE Na PÉRDIDA DE K ↓ LIBERACIÓN DE ADH ↓ LA ABSORCIÓN DIGESTIVA DE Ca ⁺⁺ ↑ DE EXCRECIÓN URINARIA DE Ca ⁺⁺	RETENCIÓN DE Na y EDEMA
ACCIONES SOBRE ÓRGANOS O TEJIDOS CÉLULAS SANGUÍNEAS ↑ ERITROCITOS, PLAQUETAS Y NEUTROFIL ↓ LINFOCITOS, EOSINÓFILOS, BASÓFILOS	TROMBOFLEBITIS

SISTEMA VASCULAR PERIFÉRICO ↑ DE LOS EFECTOS PRESORES DE LAS CATECOLAMINAS Y DE LA PRODUCCIÓN HEPÁTICA DE ANGIOTENSINÓGENO	HIPERTENSIÓN ARTERIAL
-SISTEMA NERVIOSO CENTRAL -POSIBLES EFECTOS SOBRE ENZIMAS QUE INTERVIENEN EN LA SÍNTESIS DE NEUROTRANSMISORES. -ALTERACIÓN EN UMBRAL DE EXCITABIL. ELÉCTRICA Y PERCEPCIÓN SENSORIAL.	INSOMNIO, CAMBIO DE HUMOR, PSICOSIS
ESTÓMAGO: ↑ SECRECIÓN GÁSTRICA ↓ DEL CRECIMIENTO CELULAR PULMÓN: INDUCCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SURFACTANTE EN EL PULMÓN FETAL	ÚLCERA PÉPTICA
ACCIONES SOBRE PROCESOS ORGÁNICOS: SISTEMA INMUNITARIO: LISIS DE LOS LINFOCITOS. SUPRESIÓN DE LA FORMACIÓN DE CIERTOS ANTICUERPOS. SUPRESIÓN DE LA INMUNIDAD CELULAR REGRESIÓN DEL TIMO RESPUESTA INFLAMATORIA: - INHIBICIÓN DE LOS MECANISMOS FAGOCÍTICOS - INHIBICIÓN DE LA LIBERACIÓN DE CININAS	INCREMENTO DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LAS INFECCIONES.
ACCIONES SOBRE HORMONAS: ↑ PROLACTINA ↓ HORMONA DEL CRECIMIENTO, TSH, GONADOTROPINAS y ACTH.	GALACTORREA RETRASO DEL CRECIMIENTO

TABLA 1.1. ACCIONES BIOLÓGICAS DE LOS GLUCOCORTICOIDES EN LOS DIVERSOS ÓRGANOS Y SISTEMAS Y EFECTOS INDESEABLES PRODUCIDOS POR EL EXCESO DE CORTISOL Y GLUCOCORTICOIDES SINTÉTICOS.

3. CAMBIOS EN LOS NIVELES HORMONALES EN RESPUESTA AL EJERCICIO FÍSICO

3.1. RESPUESTAS DE LA TESTOSTERONA AL EJERCICIO FÍSICO:

En la literatura existente sobre la respuesta de la testosterona al ejercicio físico, hay una gran variabilidad en los resultados, que pueden estar relacionadas con distintos factores como son: la intensidad (especialmente la relativa) y tipo de ejercicios (por ejemplo press banca o press pierna), el nivel de los deportistas, del número de series realizadas en la sesión de entrenamiento, los períodos de recuperación anteriores al esfuerzo o dentro de la sesión de entrenamiento, el tipo de alimentación, las características endocrinas del individuo, el tiempo transcurrido entre las tomas de sangre después del ejercicio, el sexo y la edad de los sujetos sometidos a estudio (*Kraemer; 1988; Barral, Oro and Galarza; 1988*). Entre los factores que van a movilizar mayor o menor cantidad de testosterona ante un esfuerzo tenemos la intensidad del ejercicio (especialmente la relativa), el nivel de entrenamiento de los sujetos, las características endocrinas del individuo, el tiempo transcurrido entre las tomas de sangre después del ejercicio, etc.

En la tabla 1.2. presentamos los resultados de los estudios consultados junto con algunas de sus principales características:

AUTORES	GRUPOS	TIPO DE TRABAJO	RESPUESTA DE LA T
Guglielmini, Paolini y Conconi; 1984	-Marchadores -1/2 fondistas - Maratonianos -Ultramaratonianos	* Toma de muestras de sangre, antes y después del ejercicio específico del deporte en sí.	↑ después del esfuerzo. A las 3 horas de esfuerzo ↓
Webb, Wallance, Hamill, Hodgson and Mashaly; 1984	-11 ♂ y 9 ♀	* 2 horas de ejercicios en cinta rodante	↑ en ♂ a los 30 min. y ↓ a los 120 min. ↑ en ♀ a los 120 min.
Cumming, Wall, Galbraith y Belcastro; 1987a	- GE 7♀ entrenadas - GC 17 ♀ no entrenadas.	* Una sesión de trabajo de 1 hora aproximada.	↑ significativamente la T total y la T no unida a la SHBG
Cumming, Wall, Quinney y Belcastro; 1987b	- Nadadores adolescentes.	* Natación progresiva hasta la fatiga (14 minutos)	↓ al acabar el ejercicio en ♂ $p < 0.01$ en ♀ $p < 0.05$
Murray, Cameron, Vogel, Thomas, Wyss y Zauner; 1988	- 10 sujetos sanos - 8 sujetos insulino dependientes.	* Ejercicio durante 45 minutos.	↑ significativamente ($p < 0.01$)
Friedl, Plymate, Bernhard y Mohr; 1988	16 sujetos ♂ entre los 18 y 36 años.	* Fuerte subida a la montaña durante 5-6 horas , 24 horas descanso y 3-4 horas de bajada.	↓ significativamente, al acabar ambos ejercicios.
Harris, Cook, Walker, Read y Riad-Fahmy; 1989	11 sujetos ♂ corredores de maratón.	* Carrera de maratón. Tomas de saliva previa y post prueba.	↑ a mitad de carrera y posteriormente comienza a bajar.
Mero, Kauhanen, Peltola, Vuorima y Komi; 1990	GE.- 12 GC.- 9 Son promesas preadolescentes	* Se mide resistencia, fuerza y velocidad con ejercicios específicos y se comparan resultados	correlaciona con fuerza explosiva de piernas y con edad cronológica y biológica.
Kraemer, Kilgore, Kraemer y Castracane; 1992	- 8 ♂	* Sesión de 40 min. de fuerza.	No variación en T. Se produce hemoconcentración
Marinelli, Roi, Giacometti, Bonini and Banfi; 1994	-6♂ corredores de maratón en altitud	Se toman muestras de sangre después de la carrera de maratón y a las 24 horas después de concluirla.	La T se encuentra disminuida grandemente al acabar y solo recupera parcialmente a las 24 h.

TABLA 1.2. RESPUESTA DE LA TESTOSTERONA A "DISTINTOS TRABAJOS CON EJERCICIOS".

Respuesta a ejercicios de resistencia

Los ejercicios de resistencia van a modificar las respuestas de testosterona en función de la intensidad y el volumen. Los ejercicios de alta intensidad aeróbica y también anaeróbica, inducen incrementos de los niveles de testosterona aunque el volumen no sea muy elevado. Igualmente actúa ante ejercicios de moderada intensidad y elevado volumen, mientras que ante ejercicios de moderada intensidad y volumen no sufre incremento significativo (*Kraemer, 1988*). Estos aumentos de los niveles de testosterona tras ejercicios de resistencia son afirmados por diversos estudios. Un grupo de deportistas masculinos, sometidos a esfuerzos de 3 horas de duración, experimentaron aumentos en sus niveles en sangre inmediatamente después del esfuerzo. Sin embargo, a las 3 horas de finalizar el esfuerzo, no solamente habían recuperado sus niveles basales sino que lo habían disminuido (*Guglielmini, Paolini and Conconi, 1984*). Lo mismo confirman *Webb, Wallance, Hamill, Hodgson y Mashaly (1984)*, aunque plantean que los hombres a los 30 minutos ya han aumentado su testosterona sérica, mientras que las mujeres lo hacen a los 120 minutos, tiempo éste en que en los hombres comienza a descender los niveles de testosterona. Esta disminución de los niveles de testosterona en los hombres tras un largo período de ejercicio de resistencia, es también confirmada por el estudio llevado a cabo por parte de *Harris, Cook, Walker, Read y Riad-Fahmy (1989)* con corredores de maratón, observando la existencia de un pico de subida de testosterona (mediante medición en saliva), a la mitad de la carrera y a partir de ahí comienza a disminuir hasta llegar a un nivel inferior al que tenía antes de la carrera. Igualmente es confirmada por varias investigaciones (*Baker, Mathur, Kirk, Landgrebe, Moody and Williamson; 1982. Hale, Kosasa, Krieger and Pepper; 1983. Shangold; 1984*), la elevación de los niveles de

testosterona en mujeres tras ejercicios de resistencia. Sin embargo, la respuesta de la testosterona ante el ejercicio de larga duración en altitud ha sido de disminución de sus niveles con respecto a los basales a nivel del mar y a los que presenta 24 horas antes de la carrera de maratón a la que son sometidos (*Marinelli, Roi, Giacometti, Bonini and Banfi; 1994*). A las 24 del esfuerzo, han superado los niveles previos a la competición aunque aun no han alcanzado los niveles basales que tenían a nivel del mar.

Podemos ver, que tanto en hombres como en mujeres se produce un aumento de sus niveles de testosterona tras el ejercicio de resistencia (siempre que no haya unas condiciones externas adversas, como ocurre con el ejercicio en altitud), pero existe una diferenciación significativa entre ambos, tanto en la producción de testosterona como en su metabolismo. La mujer además de tener los niveles basales séricos de testosterona más bajos que el hombre, está unida a la SGBH en mayor proporción y por tanto hay menos porcentaje de ella, libre o unida a la albúmina. Por ello, el metabolismo en el tejido es bajo y se metaboliza cerca del 90% en el hígado. Por contra, en el hombre, contribuyen en un 50% de la absorción de la testosterona el tejido objeto y el hígado (*Cumming, Wall, Galbraith and Belcastro; 1987a*)

Respuesta a ejercicios de fuerza e intensos

Para *Kraemer (1988)* los ejercicios de alta intensidad aeróbica y también anaeróbica inducen incrementos en los niveles de testosterona pero no ocurre así con los ejercicios de moderada intensidad y bajo volumen. Señala este autor que ejercicios de alta intensidad y moderado volumen incrementan los niveles de testosterona sérica, los ejercicios de moderada intensidad y alto volumen también lo incrementan y los ejercicios de moderada intensidad y volumen, no lo incrementan significativamente. *Viru*

(1992a) afirma que el ejercicio corto e intenso produce un incremento de testosterona, mientras que el ejercicio largo produce su disminución. Esto es confirmado por los trabajos de *Murray, Cameron, Vogel, Thomas, Wyss y Zauner (1988)* que observaron el aumento de los niveles de testosterona en sujetos sometidos a 45 minutos de esfuerzo en bicicleta ergométrica. *Cumming y col. (1987a)*, tras someter a fuertes ejercicios durante una hora a un grupo de mujeres, observaron un mayor nivel de testosterona al finalizar la prueba. Sin embargo, *Kraemer y col. (1992)* no observan cambios significativos de testosterona tras una sesión de 40 minutos de fuerza, aunque indican que hay una disminución del volumen plasmático (concentraciones de hematocritos y hemoglobina) tanto durante el ejercicio como después de éste. Plantean que el papel anabólico jugado por la testosterona en respuesta a los ejercicios de resistencia de fuerza de intensidad moderada, puede ser debido al grado de hemoconcentración producida por el ejercicio. Un aumento de la concentración de testosterona, vendría a incrementar la exposición de las células musculares a ésta y así afectar al tejido de crecimiento de la fuerza muscular.

Otros aspectos que pueden modificar sus niveles

Sin embargo, *Friedl, Plymate, Bernhard y Mohr (1988)* observan que disminuye significativamente el nivel de testosterona en los sujetos que realizan un fuerte ejercicio en altitud durante 5-6 horas con 25-30 kgs. de peso y el posterior regreso a niveles inferiores de altura (1.545 mts de altitud) en 3-4 horas. También observan esa disminución de testosterona con respecto a los niveles basales, dudando que dicha alteración sea solo debido a la altitud. Esta disminución de los niveles de testosterona producidos por la altitud y además por el ejercicio en estas condiciones, fué reafirmado por *Marinelli et al. (1994)* con su estudio sobre 6 corredores de

maratón que realizaron dicha carrera en una altitud próxima a los 4000 mts. (comienzo de la carrera a los 3860 mts y finalización a los 3400 mts). Comprobaron que a la semana de estancia en altitud, sus niveles de testosterona eran inferiores a los de nivel de mar y tras la carrera vieron como éstos descendían con respecto a los previos a la carrera, recuperando parcialmente a las 24 horas de ésta.

Para *Mero, Kauhanen, Peltola, Vuorima y Komi (1990)*, la testosterona se correlaciona positivamente en preadolescentes con la fuerza explosiva de piernas, con la edad biológica y la edad cronológica y también con la hormona del crecimiento.

Estudiando los niveles de testosterona entre grupos de sujetos entrenados y no entrenados de ambos sexos, *Tegelman Carlstrom and Pousette (1988)* no observaron diferencias significativas. Por otro lado, *Leheup, Bodelet, Huot, Dousset, De Talence y Pierson (1989)*, han observado en jóvenes adolescentes entrenados fuertemente (4 horas diarias) un menor nivel de testosterona sérica basal acompañada de una bajada de la tasa de LH, en comparación con el grupo de jóvenes no entrenados.

Existen muy pocos datos sobre la evolución de la testosterona en relación con los ciclos menstruales de la mujer y además, dichos estudios se han llevado a efecto mediante la utilización de los suspuestos días de la fase menstrual, sin medir la temperatura corporal basal. Así *Marx, Kische, Lenz y Hoffmann (1986)*, señalaron que la testosterona se encuentra en el límite superior de la normalidad para las remeras y en el inferior para las corredoras entre los días 12 y 20 del ciclo menstrual, mientras que *Ronkainen (1985)* indica que no hay diferencias en los períodos del ciclo menstrual de las deportistas de carreras. Aunque la información es escasa, parece que los niveles de testosterona no se encuentran influenciados por los ciclos de una manera significativa y consistente.

De todo ello podemos resumir que la respuesta de la testosterona al ejercicio físico es:

* Ante esfuerzos tanto de alta intensidad aeróbica como anaeróbica, se produce un incremento de los niveles de testosterona, aproximadamente hasta las 2 horas de esfuerzo. Podemos observar incrementos de los niveles de testosterona en todos los estudios sobre intensidades fuertes y de corta duración e intensidades sub-máximas ante duraciones algo mayores (aproximadamente los 120 minutos) (*Viru, 1992b; Cumming et al., 1987a; Guglielmini et al., 1984; Webb, Wallance, Hamill, Hodgson and Mashaly, 1984; Kraemer, 1988; Harris et al., 1989; Murray et al., 1988; Hackney, 1989*). Solamente en dos trabajos de fuerte intensidad y corta duración daban como resultado una disminución de los niveles de testosterona (*Cumming, Wall, Quinney and Belcastro, 1987b; Adlercreutz, Harkonen, Kuoppasalmi, Kosunen, Naveri and Rehunen; 1976*). *Cumming y col. (1987b)* lo atribuían al tipo de ejercicio (natación) y la posición corporal realizada en el trabajo experimental.

* Ante esfuerzos de muy larga duración y de baja intensidad, o de máxima en relación a la duración del esfuerzo, la testosterona disminuye por debajo de los niveles basales. No sucede solamente ante esfuerzos de 3 ó 4 horas sino también ante esfuerzos intensos de varios días combinados con pequeños descansos que no dan tiempo a producir la recuperación total del individuo (*Friedl et al. 1988; Tegelman et al. 1988; Guglielmini et al. 1984; Webb et al. 1984 ; Kraemer, 1988 ; Harris et al. 1989*).

* Ante esfuerzos de resistencia realizados en altitud, los niveles de testosterona disminuyen significativamente con respecto a los que se

tienen a nivel del mar y también en altitud en situaciones previas al esfuerzo (*Friedl et al.; 1988. Marinelli et al.; 1994*).

* La testosterona correlaciona positivamente en los preadolescentes con la fuerza explosiva, la edad cronológica y biológica y con la hormona del crecimiento (*Mero, et al.;1990*).

* En las mujeres, los niveles de testosterona no se encuentran influenciados por los ciclos menstruales de manera significativa.

* Existe una diferenciación significativa en la producción y metabolismo de la testosterona entre hombres y mujeres. La mujer metaboliza cerca del 90% en el hígado. El hombre, el 50% de la absorción de la testosterona es en el tejido objeto y el otro 50% en el hígado (*Cumming et al. 1987a*).

* Viendo los niveles basales entre entrenados y no entrenados, para unos autores (*Tegelman et al. 1988*) no hay diferencia y para otros (*Leheup et al. 1989*), hay menor nivel de testosterona en los jóvenes entrenados.

3.2. RESPUESTAS DEL CORTISOL AL EJERCICIO FÍSICO:

Desde hace mucho tiempo se ha relacionado el córtex adrenal con el estrés físico. Como hemos visto, el estrés produce la liberación de la ACTH de la pituitaria anterior, que es regulada primeramente por factores liberadores de la corticotropina y puede además ser influenciada por las catecolaminas y otras hormonas. Esta va a estimular la síntesis de los corticoides en el córtex adrenal. Por otra parte, niveles elevados de cortisol

en la sangre van a producir un feedback negativo sobre la liberación de la ACTH (Kraemer; 1988).

Entre los estudios realizados sobre el seguimiento de la respuesta del cortisol al ejercicio físico, vemos una gran variabilidad, dependiendo de la intensidad del ejercicio, del nivel de los deportistas, de los períodos de recuperación previos al esfuerzo (aunque esto lo observaremos mejor en el apartado relacionado con el entrenamiento deportivo), del tipo de alimentación y del sexo y edad de los sujetos sometidos a estudio. En lo que se refiere a los ciclos menstruales en la mujer, los niveles de cortisol en reposo, son similares en cada fase menstrual y en global se produce una disminución de estos en respuesta al ejercicio prolongado, en todas las fases menstruales (Kanakey, Boileau, Bahr, Misner and Nelson, 1992). Hay que tener en cuenta que los métodos utilizados para la toma de sangre, las diferencias circadianas, el tiempo de las mediciones y factores psicológicos, pueden enmascarar los efectos de los ejercicios sobre los cambios de cortisol observados. En la tabla 1.3. presentamos los resultados de los estudios consultados junto con sus principales características:

AUTORES	GRUPOS	TIPO DE TRABAJO	RESPUESTA DEL C
Cumming, Wall, Galbraithy Belcastro; 1987a	- GE 7♀ entrenadas - GC 17 ♀ no entrenadas.	* Una sesión de trabajo de 1 hora aproximada.	Permanecen variables después de la hora de ejercicio.
Cumming, Wall, Quinney y Belcastro; 1987b	20 Nadadores adolescentes. ♂	* Natación progresiva hasta la fatiga (14 minutos)	Permanecen variables después del ejercicio.

Friedl, Plymate, Bernhard y Mohr; 1988	16 sujetos ♂ entre los 18 y 36 años.	* Fuerte subida a la montaña durante 5-6 horas , 24 horas descanso y 3-4 horas de bajada.	↓ cuando se mide en altitud, tras el 1º esfuerzo y ↑ tras el 2º esfuerzo.
Tegelman, Carlstrom y Pousette; 1988	31 ♂ de alta competición de hockey hielo	* Tras 3 partidos de competición con poco tiempo de recuperación entre ellos.	↑ los niveles tras ejercicio intenso con poco período de recuperación.
Luger, Deuster, Gold, Loriaux y Chrousos; 1988	7 ♂ entrenados 7 ♂ entrenan poco 7 ♂ entrenan fuerte	* Esfuerzos en cinta rodante a tres intensidades (50, 70 y 90% del VO ₂ máx.) y poca duración del ejercicio	↑ los niveles tras ejercicio intenso en los tres grupos. y ↑ los niveles, pero menos, tras el ejercicio de mediana intensidad. ↓ ante el ejercicio de poca intensidad.
Harris, Cook, Walker, Read y Riad-Fahmy; 1989	11 sujetos ♂ corredores de maratón.	* Carrera de maratón. Tomas de saliva previa y post prueba.	↑ antes de la salida y la máxima subida la tienen al final de la competición
Corral, Mahon, Duncan, Howe and Craig.; 1994	10 niños (10.6 ± 0.2 años)	Un esfuerzo de 30 min. en cicloergómetro con los 5 min. primeros de calentamiento. Intensidad submáxima	↑ el C en el transcurso del esfuerzo. En saliva también se ve el aumento aunque no significativo.
Marinelli, Roi, Giacometti, Bonini and Banfi; 1994	-6♂ corredores de maratón en altitud	Se toman muestras de sangre después de la carrera de maratón y a las 24 horas después de concluirla.	El C se encuentra aumentado, sobre todo al acabar y disminuido a las 24 h. del esfuerzo.

TABLA 1.3. RESPUESTA DEL C A "DISTINTOS TRABAJOS CON EJERCICIOS".

Respuesta a ejercicios de resistencia

Harris y otros (1989) encontraron que los niveles de cortisol (medidos en saliva) previos a una carrera de maratón se elevan momentos antes de la salida y alcanzan su mayor pico nada más acabar la competición, volviendo a su nivel basal a las 4 horas de concluida ésta, e indicaron que parte de la elevación es debida al estrés psicológico.

Los niveles de cortisol se elevan como producto de unos continuados esfuerzos de una cierta intensidad durante 3 días con pocos períodos de recuperación entre ellos (*Tegelman et al.; 1988*). También se aumentan al acabar ejercicios de gran intensidad (90% del VO_2) durante 10 minutos en cinta rodante, para jóvenes entre 27 y 36 años, sea cual sea el nivel de entrenamiento de ellos (bueno, moderado o sin entrenamiento). Lo mismo ocurre con ejercicios de intensidad más ligera (70% del VO_2), aunque los niveles de cortisol se elevan en menor cantidad (*Luger, Deuster, Gold, Loriaux, Chrousos; 1988*). Este tipo de resultados se da igualmente con niños (10.6 ± 0.2 años) sometidos a esfuerzos de intensidad submáxima (70% del $VO_{2m\acute{a}x.}$) y realizando las mediciones tanto a nivel de suero como de saliva (*Corral et al.; 1994*).

Los niveles de cortisol responden de forma distinta (aumentan en 4 sujetos y permanecen invariables en 3) después de 1 hora de ejercicio hasta el fallo muscular en 7 jóvenes mujeres con menstruación normal de 18 a 21 años y con un cierto nivel de entrenamiento (*Cumming et al.; 1987a*).

En lo que se refiere a ejercicios de baja intensidad (50% del VO_2) y corta duración (20 minutos), realizado en jóvenes entre los 27 y 35 años,

se produce una disminución del nivel de cortisol (*Luger et al., 1988*).

Respuesta a ejercicios de fuerza intensos

Se ha comprobado en chicos adolescentes (15.4 ± 0.8 años de edad) con un cierto nivel de rendimiento en natación, que después de un fuerte ejercicio de natación de unos 14 minutos con intensidad creciente, los niveles de cortisol son variables en los distintos nadadores (en 4 aumentan y en 6 disminuyen) (*Cumming et al.; 1987b*).

Otros aspectos que pueden modificar sus niveles

En el estudio llevado a cabo por *Friedl y otros (1988)* con 16 sujetos masculinos entre los 18 y 36 años, a las 24 horas de realizar una fuerte ascensión (5 a 6 horas, 3.050 mts de altitud, cargados con 25-30 kgs.), se observan niveles de cortisol disminuidos con respecto a los niveles basales (hay que tener en cuenta que la medición 2ª se realiza en altitud superior a los 3.000 mts. y después de descansar una noche y alimentarse) y al bajar al nivel inicial (3 a 4 horas, 1.545 mts. de altitud), se volvió a realizar la toma de sangre (pero a los 30 minutos de llegada) viendo que los niveles de cortisol habían aumentado con respecto a la medición basal. Los niveles de cortisol disminuyen tras 6 días de fuerte entrenamiento en un grupo de jóvenes (21 a 26 años), en condiciones de baja alimentación y poco descanso (*Opstad; 1992b*). *Marinelli y otros (1994)*, tras someter a estudio a 6 corredores de maratón en altitud próxima a los 4000 mts., observaron que los niveles de cortisol aumentaban con respecto a los datos tomados a nivel del mar, a la semana de estancia y tras la carrera. Sin embargo se vieron fuertes descensos a las 24 horas de concluir la maratón.

Comparación de los niveles basales entre entrenados y no entrenados

En los individuos fuertemente entrenados, se observa un nivel basal de cortisol mayor que en los no entrenados (*Luger et al., 1988; Snegovskaya, Viru, 1993*). Mientras que *Tegelman, Johansson, Hemmingsson, Eklöf, Carlström y Pousette (1990)* comparando hombres entrenados en resistencia con un grupo de no entrenados, no vieron diferencias significativas en los niveles basales.

En mujeres entrenadas en resistencia (orientación y esquí), se descubrió que tenían unos niveles basales de cortisol superior a las no entrenadas (*Tegelman et al.; 1990*). Hay que tener en cuenta que las dos semanas anteriores a la extracción de sangre, el entrenamiento realizado por las deportistas fué considerado de baja intensidad o período de regeneración. Sugieren que esa diferencia es debida a la adaptación producida en el organismo, por diversos años de fuerte entrenamiento.

Para *Viru (1992b)*, hay cinco variantes en las concentraciones de cortisol durante el ejercicio físico, como resultado de los diversos estudios:

- * Un incremento inicial que disminuye hacia los niveles basales o menos, a los 20-30 minutos de ejercicio
- * Unos incrementos bifásicos durante los primeros 30 minutos y al final del ejercicio.
- * Un incremento monofásico durante todo el ejercicio
- * Una falta de alteraciones o disminución moderada durante los 20 a 60 minutos del ejercicio y un pronunciado incremento durante la 2ª hora de ejercicio.

- * Una disminución durante todo el período del ejercicio.

Como resumen de estos trabajos, podemos decir sobre la respuesta del cortisol al ejercicio:

- * Tras el ejercicio físico duradero (3-4 horas) se produce un aumento de los niveles de cortisol con respecto a la medición basal, mientras que si se realiza la toma con posterioridad al descanso y con alimentación para reponer fuerzas, se observa que los niveles de cortisol son incluso inferiores a los niveles basales.

- * Los niveles de cortisol aumentan con respecto a los basales después de ejercicios de gran intensidad o de intensidad submáxima, aunque en estos segundos aumenta en menor grado. Por otro lado disminuyen ante ejercicios de baja intensidad y poca duración (20 minutos).

- * Luego de varios días de esfuerzos intensos con poco período de recuperación, se observa también una elevación de los niveles de cortisol con respecto a los niveles basales.

- * Los niveles de cortisol disminuyen en aquellos jóvenes sometidos durante diversos días (seis) a fuerte entrenamiento con poca recuperación y floja alimentación.

- * Los entrenados mantienen un nivel de cortisol basal más elevado que los no entrenados, aunque estos datos no son confirmados en uno de los trabajos, en el grupo de los hombres.

- * Los niveles de cortisol después de fuertes trabajos de una hora,

sufren variaciones con respecto a los niveles basales en ambos sentidos (elevaciones y descensos) en los distintos individuos sometidos a esfuerzo, tanto en adolescentes masculinos como en jóvenes. Por ello existen otros factores que pueden influir.

4. CAMBIOS EN LOS NIVELES HORMONALES DE ADOLESCENTES EN RESPUESTA AL EJERCICIO FÍSICO

Se ha ido observando, entre los distintos estudios realizados por diversos autores, que hay una serie de variables que son determinantes en las respuestas de las hormonas, como puede ser la intensidad del ejercicio (% de RM) de modo que a mayor intensidad, mayor incidencia sobre las hormonas, o el volumen (nº de series por nº de repeticiones por intensidad). Existen otras variables, cuya acción es más desconocida por haber sido poco estudiadas y que sin embargo tienen una gran importancia en deportes de alta competición como pueden ser los periodos de descanso y los factores que ayudan a la recuperación (masajes, alimentación, relajación, etc..).

La diferencia en el desarrollo muscular entre hombres y mujeres, ha sido atribuida a las acciones anabólicas de la hormona sexual masculina testosterona, la cual produce un aumento de secreción en la pubertad en donde además de su función de desarrollo de las caracterizaciones masculinizantes, actúa con un papel anticatabólico o anabólico en el músculo (*Kraemer, 1988*).

Hay que tener en cuenta que, en el trabajo de fuerza con niños preadolescentes, se produce una ganancia de ésta a pesar de no tener altos niveles de andrógenos en circulación debido a la mejora en la coordinación intramuscular, más que al aumento de la sección de las fibras musculares que sucede en los

adolescentes y adultos (*Siegel, 1988*). También hay que valorar la maduración de los distintos niños, pues en la mayoría de los casos se valora la edad cronológica y no la biológica y cuando se realizan los estudios con deportistas, por regla general, los que hacen deporte tienen una maduración mayor que les hace superar al resto de individuos de su misma edad cronológica (*Mero et al., 1990*) .

Entre los pocos trabajos que hemos encontrado sobre la respuesta hormonal al ejercicio físico en adolescentes, sacamos como conclusión que los grupos de adolescentes fuertemente entrenados, reaccionan ante ejercicios intensos con una disminución significativa de testosterona sin distinción de sexos, mientras que el cortisol, del cual solamente tenemos datos ante esfuerzo progresivo intenso en chicos, permanece variable (disminuye en unos y aumenta en otros) (*Cumming et al., 1987b*). Este tipo de respuesta, que varía con respecto a los resultados obtenidos por los mismos investigadores con jóvenes deportistas en cinta rodante y bicicleta ergométrica, tratan de atribuirla al tipo de ejercicio empleado, que es con nadadores y por tanto en posición tumbada (*Cumming et al., 1987a*).

CAPÍTULO 2

**RESPUESTA DE LA TESTOSTERONA Y EL
CORTISOL AL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO**

RESPUESTA DE LA TESTOSTERONA Y EL CORTISOL AL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO Y AL ENTRENAMIENTO EN ADOLESCENTES

1. INTRODUCCIÓN

Partiendo de la importancia de los entrenamientos deportivos para poder mejorar el nivel de rendimiento de los deportistas, es necesaria la regulación de los esfuerzos a nivel de intensidad y duración con los descansos o períodos de recuperación que posibiliten la asimilación por parte del organismo del efecto de las cargas a las que se ha sometido, tanto físicas como psíquicas.

En la actualidad el número de horas dedicados a entrenamiento en deportistas de élite son muchas, debido a la gran especialización y, por tanto, el poder regular de forma eficaz el efecto de las cargas va a ser fundamental para producir las mejorías necesarias que distingan a un campeón del resto de competidores.

Entre las variaciones que se producen en el organismo como consecuencia de los entrenamientos destacan los cambios sufridos en los niveles hormonales, que pueden jugar un papel importante en la cuantificación del entrenamiento permitiéndonos alternar de una mejor



manera los distintos tiempos de recuperación para que las cargas a las que se somete al deportista en el entrenamiento sean eficaces (*Banfi, Marinelli, Roi and Agape; 1993*). Para ello, es importante saber si los cambios hormonales producidos tras la realización de un entrenamiento se mantienen, y con ello difieren de los sedentarios o también si el efecto del constante entrenamiento favorece las respuestas hormonales de los deportistas, activándose en menor o mayor grado que en los sujetos pasivos. De la misma forma que un individuo entrenado economiza más energía en la realización de un mismo esfuerzo que uno no entrenado, cabe indicar, que el nivel de respuesta hormonal a dicho ejercicio, está relacionado con el estrés que éste genera y, por tanto, el más entrenado estará más habituado a dicho esfuerzo, produciéndole menor movilización (*Frey, 1982*). Partiendo de ello, podemos decir que con el entrenamiento físico aumenta la capacidad de esfuerzo y con ello disminuye el estrés relativo. Otra de las variaciones que se producen en los individuos entrenados con respecto a los no entrenados es el aumento de la respuesta de la hormona β -endorfina al ejercicio (*Sutton et al., 1988*).

Aquí, vamos a considerar la respuesta de la testosterona y el cortisol al entrenamiento, teniendo en cuenta la importancia que tiene su control, no sólo desde el punto de vista preventivo de lesiones, sino también, con el objetivo de organizar el efecto de sus cargas para ir construyendo progresivamente y de forma controlada su nivel de rendimiento, aprovechando al máximo las posibilidades fisiológicas y psicológicas. Debemos tener en cuenta las características de los jóvenes deportistas, debido a que sus capacidades físicas y coordinativas están en una fase de formación y por tanto no se pueden aplicar las mismas cargas de entrenamiento que a un deportista formado, teniendo también en cuenta, que los adolescentes están en una etapa de la vida en la que hay unas fuertes respuestas hormonales (*Buchanan, Eccles y Becker; 1992*).

Hemos de considerar una serie de factores que pueden modificar, en mayor o menor medida, la cantidad de hormonas en suero o saliva en función del tipo de esfuerzos, los períodos de descanso, la edad y sexo del individuo, su estado de ánimo, etc.

2. RESPUESTA DE LA TESTOSTERONA AL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

Hemos relacionado los trabajos consultados sobre cómo actúa la testosterona ante el entrenamiento deportivo en la tabla 2.1.

AUTORES	GRUPOS	TIPO DE TRABAJO	RESPUESTA DE LA T
Wheeler, Stephens, Wall, Belcastro y Cumming; 1984	GC: 18 ♂ GE: 31 ♂	* Comparar entre sedentarios y entrenados (> 64 kms. semanales) resistencia	Se observa unos niveles significativamente ↓ en el GE.
Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen y Komi; 1987	Jóvenes levantadores de peso	* Un entrenamiento anual con tomas de sangre y test de fuerza 7 veces. Fuerza	* Tras fuerte entrenamiento, ↓ de los niveles de T. Tras entrenamiento no fuerte, se mantienen los niveles. A lo largo de todo el proceso no se observan diferencias.
Rowland, Morris, Kelleher, Haag y Reiter; 1987	15 ♂ jóvenes adolescentes	* Tras 8 semanas de entrenamiento para campo a través. Resistencia	↑ los niveles de T en las 4 primeras semanas.

Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen y Komi; 1988	11 ♂ halterófilos.	* Observación de un entrenamiento durante 1 semana con dos sesiones diarias. Fuerza	↓ de los niveles en suero.
Grandi, Gavioli, Pradelli, Pederzoli, Turrini y Celani; 1988	16 jugadores GE: Volei y fútbol profesional GC: fútbol amateur	* Seguimiento de la competición contoma de muestras de sangre a mitad de competición y tras un partido a ambos grupos. Resistencia.	↑ los niveles de T en el GE con respecto al GC pero no significativamente. El GC tiene un mayor nivel basal de T pero no significativo.
Seidman, Doler, Deuster, Arnon, Epstein; 1990	35 jóvenes no entrenados	* Se someten a un entrenamiento de 18 semanas con 1 hora durante 5 días semanales. Resistencia	↑ después de 6 semanas. ↓ de la 6 a la 12 semana y se mantiene hasta la 18 semana.
Häkkinen, Pakarinen, Kyröläinen, Cheng, Kim y Komi; 1990	2 grupos de 7 ♀ cada uno. Estudiantes de Edu. Ffs.	* Entrenamiento de fuerza y potencia 3 veces por semana durante 16 semanas,	No modificaciones significativas en los niveles de T entre antes y después del entrenamiento.
Tsai, Johansson, Pousette; Tegelman, Carlström y Hemmingsson; 1991	6 ♂ esquí 3 ♂ orienta. 1 ♀ esquí 6 ♀ orienta.	* Seguimiento del entrenamiento, con tomas de sangre en período preparatorio y al principio y final del período de competición. Resistencia	No diferencias significativas en los tres momentos de medición de T
Jensen, Oftebro, Breigan, Johnsson, Öhlin, Meen, Stromme; 1991	7 ♂ muy entrenados	* Respuesta de la T, tras sesiones muy intensas de fuerza y de resistencia	↑ la T un 27% tras la fuerza y un 37% tras la resistencia. A las 2 horas se normalizan los niveles.

Busso, Häkkinen, Pakarinen, Kauhanen, Komi y Lacour; 1992	6 ♂ halterófilos de élite.	* Un proceso de entreno de 1 año centrado en el estudio de las 6 semanas antes de competición. Fuerza	↓ los niveles en los períodos de fuerte entrenamiento.
Opstad; 1992	GE.- 10 ♂ GC.- 9 ♂	* 6 días de fuerte entrenamiento y floja alimentación y descanso. Resistencia aero-anaeróbica	↓ ante el estrés y la falta de sueño.
Steinacker, Laske, Etzel, Lormes, Liu y Stauch; 1993	Un grupo de jóvenes remeros.	* Sometidos a entrenamiento en dos fases: 1ª.- 16 días con gran volumen y baja intensidad. Resistencia aeróbica y 2ª.- 10 días con menor volumen y alta intensidad. Resistencia aero-anaeróbica	↓ los niveles tras la 1ª fase y ↑ tras la 2ª fase. Determinaron que los mejor entrenados tenían niveles de testosterona inferiores a los menos entrenados.
Hickson, Hidaka, Foster, Falduto y Chatterton; 1994	n = 10 (5 ♀, 5♂) adultos	* Fuerte entrenamiento de resistencia de fuerza, durante dos períodos de 8 semanas cada uno, con trabajo 3 días por semana.	* ↑ significativo de la sección transversal muscular. * ↑ la fuerza sobre todo en las primeras semanas. * ↑ la T sobre todo en el primer período.

TABLA 2.1. RESPUESTA DE LA T EN LOS DISTINTOS TRABAJOS DE ENTRENAMIENTO.

Estudios transversales

Entre los estudios realizados con dos grupos comparativos para ver las diferenciaciones producidas por el efecto del entrenamiento sobre la

testosterona, solamente hemos encontrado con hombres, unos pocos de resistencia y ninguno de fuerza, y con mujeres ninguno.

Resistencia:

Los hombres deportistas entrenados en resistencia con gran volumen de carga semanal (por encima de los 64 kms.), sufren una disminución de los niveles de testosterona estadísticamente significativa con respecto a los que no realizan la actividad (*Wheeler, Wall, Belcastro and Cumming 1984*). Hay que tener en cuenta que cuando se extrae la sangre para el análisis, no han realizado ejercicio durante las 24 horas anteriores. *Grandi, Gavioli, Pradelli, Pederzoli, Turrini y Celani (1988)*, con el seguimiento del entrenamiento de 6 jóvenes jugadores (edad media de 21.8 años) profesionales de voleibol (4) y fútbol (2), comparado con el grupo control formado por 10 futbolistas amateurs, observaron un incremento no significativo de testosterona en ambos grupos, al tomarles muestras de sangre en período de reposo, a mitad de competición y después de un partido. A nivel basal el grupo experimental tiene un menor nivel de testosterona en comparación con el GC pero sin ser significativa la diferencia. En entrenamientos de poca duración, 6 días, pero con fuerte intensidad y poco tiempo de recuperación y deficiente alimentación se produce una disminución de la testosterona tal como indica *Opstad (1992b)*, en relación a un grupo que no realiza dicha actividad. *Steinacker, Laske, Etzel, Lormes, Liu y Stauch (1993)*, utilizaron 35 hombres jóvenes (edad = 17.6 ± 0.3 años) seleccionados para formar parte del equipo de remo de Alemania. En función de unos tests de rendimiento tanto de tipo aeróbico, como anaeróbico y de potencia, se forma el grupo experimental (21 jóvenes de mejores niveles en los test) y el grupo control (14 jóvenes de

peores niveles en los test). Estos grupos fueron sometidos a dos fases de entrenamiento. Los 16 primeros días, el tipo de entrenamiento fué con grandes volúmenes (128 min./día) y no muy alta intensidad. Los 10 días siguientes, el entrenamiento fué mucho más intenso y de menor volumen (98 min/día). Al comparar ambos grupos, vieron que el de mejor nivel tenía la testosterona basal más baja que el de menor nivel ante entrenamientos similares, lo cual les hizo concluir que eso era un signo de menor tensión ante el mismo esfuerzo, partiendo de que la testosterona es un indicador de la actividad anabólica.

Estudios longitudinales

Resistencia:

En el estudio llevado por *Rowland, Morris, Kelleher, Haag y Reiter (1987)* con adolescentes masculinos (media de 16 años) entrenados en resistencia durante 8 semanas de la temporada de competición en campo a través, no observaron disminuciones en los niveles de testosterona sino que, incluso en las 4 primeras semanas aumentó, teniendo en cuenta que no habían entrenado 20 horas previas a la extracción de sangre. Igual respuesta se produjo en el estudio llevado a cabo por *Seidman, Doler, Deuster, Burstein, Arnon y Epstein (1990)* con 35 hombres jóvenes no entrenados que fueron sometidos a fuerte entrenamiento durante 18 semanas y se vio que aumentaba el nivel de testosterona en las 6 primeras pero en las 6 siguientes disminuía significativamente, para volver a aumentar en las 6 últimas sin llegar a los niveles iniciales. Observado en bloque todo el entrenamiento, no se perciben variaciones significativas en los niveles de testosterona. Debemos tener en cuenta que las tomas de

sangre se han realizado siempre al levantarse. El aumento de los niveles de testosterona en las primeras 6 semanas lo atribuyen al papel que desarrolla en la actividad androgénica-anabólica.

Respecto al entrenamiento de deportistas de alto nivel en especialidades de resistencia (6 esquiadores hombres y 3 de orientación), no encontraron diferencias significativas en la testosterona entre las tres sesiones de la toma de sangre, realizadas en distintos momentos de la periodización del entrenamiento (período preparatorio, al principio del período de competición y al final de este período) (*Tsai, Johansson, Pousette, Tegelman Carlström y Hemmingsson (1991). Steinacker et al. (1993)*), seleccionaron un grupo de 35 hombres jóvenes de remo y los sometieron a entrenamiento en dos fases: la primera, que dura 16 días y es de gran volumen pero baja intensidad y la segunda que dura 10 días más (hasta el día 26 del tiempo del estudio) de gran intensidad y menor volumen, y comprobaron que los niveles de testosterona libre disminuían durante la 1ª fase y aumentaban significativamente durante la 2ª.

No se encontraron diferencias significativas de testosterona en los distintos periodos de entrenamiento (preparatorio, y al principio y final del de competición) en mujeres practicantes de deportes de resistencia a nivel de élite (1 esquiadora y 6 competidoras de orientación) (*Tsai et al.; 1991*).

Fuerza:

En el estudio sobre un entrenamiento de fuerza en hombres halterófilos de élite durante un año, centrado en las 6 semanas

anteriores a la competición, en donde las 4 primeras son de fuerte entrenamiento y las dos últimas de bajo entrenamiento, se observó que, en el período intenso, los niveles de testosterona disminuyeron significativamente, a la vez que aumentaron los de LH, mientras que en el segundo período, en que la intensidad del entrenamiento fue menor, los niveles de testosterona disminuyeron pero no de manera significativa (*Busso, Häkkinen, Pakarinen, Kauhanen, Komi y Lacour; 1992*). En este estudio los autores concluyeron que los niveles de testosterona pueden ser tomados como índice del estrés fisiológico del entrenamiento. En esta línea, *Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen y Komi (1988)* comprobaron que tras el fuerte entrenamiento llevado a cabo por un grupo de levantadores de peso, durante una semana con dos sesiones diarias, se produce una disminución de los niveles de testosterona en suero, que interpretaron debida a la magnitud del estrés fisiológico del entrenamiento.

Hickson, Hidaka, Foster, Falduto y Chatterton (1994), llevaron a efecto un fuerte entrenamiento de resistencia de fuerza, empleando pesas y máquinas de fuerza con 10 sujetos jóvenes (5 mujeres y 5 hombres) durante dos periodos de 8 semanas cada uno con una frecuencia de 3 días por semana y aplicando cargas al 80% de su máximo al principio del entrenamiento y que se mantuvieron constantes durante todo el primer periodo de entrenamiento. Vieron que se incrementaba la fuerza muscular, sobre todo durante las 5 primeras semanas de cada período, manteniéndose casi estable en las tres últimas. En reposo, las respuestas de la T permanecen constantes en los hombres mientras que en respuesta al ejercicio, incrementa significativamente, alcanzando su punto máximo en la 7ª semana del primer período. *Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen y Komi (1987)* nos ofrecen distintos resultados en el seguimiento del entrenamiento de fuerza de jóvenes levantadores de peso en los que

observan una fuerte disminución de los niveles de testosterona tras un fuerte entrenamiento de dos semanas realizado durante las 2 primeras semanas del mesociclo (6 semanas) previo a la primera competición, manteniéndose el nivel de testosterona las 4 semanas siguientes de este mesociclo, en que la intensidad de entrenamiento es menor. Los niveles de testosterona, vistos de forma global durante todo el año de entrenamiento, no sufren diferencias significativas entre los niveles anteriores al experimento y los medidos a los 4, 8 y 12 meses del entrenamiento. Se ha demostrado que los niveles basales de los andrógenos no son necesariamente cambiados, pero la ratio T/C, sí se modifica, correlacionando con los cambios en fuerza de los hombres (*Häkkinen et al., 1987*).

En mujeres, *Hickson y col. (1994)*, tras un fuerte entrenamiento de resistencia de fuerza con 5 mujeres, durante dos periodos de 8 semanas cada uno con una frecuencia de 3 días por semana y aplicando cargas al 80% de su máximo al principio del entrenamiento y que se mantuvieron constantes durante todo el primer periodo de entrenamiento, vieron que la T basal se encuentra en similares niveles tanto en los períodos de descanso como en los de trabajo. Hay que significar que al mantener relativamente constante el trabajo, puede llevar en el transcurso del entrenamiento a que las cargas no sean tan fuertes debido al proceso de adaptación del individuo.

Igualmente, *Häkkinen, Pakarinen, Kyröläinen, Cheng, Kim y Komi (1990)*, con un grupo experimental de mujeres sometidas a un entrenamiento de fuerza durante 16 semanas, no observaron modificaciones significativas en los niveles de testosterona entre antes y después del entrenamiento, aunque si comprobaron que existía una correlación entre los cambios en testosterona y los cambios en fuerza durante el entrenamiento. Igualmente se han

encontrado en mujeres grandes diferencias individuales en los niveles basales de T, teniendo en cuenta que altos niveles de este andrógeno, son importantes para la hipertrofia muscular y para el desarrollo de la fuerza (*Hickson et al., 1994; Häkkinen et al., 1990; Häkkinen, Pakarinen and Kallinen, 1992*).

Aunque generalmente se diferencia el tipo de entrenamiento para analizar la respuesta hormonal, hay un estudio en que comparando la respuesta de la T en un grupo de hombres entrenados en resistencia y en fuerza, se produce un aumento de sus niveles (T = 27% de aumento) después de una sesión de entrenamiento de fuerza y también después de una sesión de entrenamiento de resistencia (T = 37% de aumento), aunque a las 2 horas de concluir dichas sesiones, se normalizan los datos basales de testosterona (*Jensen, Oftebro, Breigan, Johnsson, Öhlin, Meen and Stromme; 1991*). Por tanto se puede decir que los cambios en los valores de las medias de T siguen la misma tendencia después de sesiones de entrenamiento de fuerza y de resistencia de la misma duración y dureza del esfuerzo. Las diferencias interindividuales en la respuesta de la T puede ser de importancia para las adaptaciones al esfuerzo. En este caso, la comparación entre ambos grupos se ha hecho después de una única sesión, pudiendo ser diferente al comparar más sesiones.

Como resumen de las respuestas de la testosterona al entrenamiento podemos plantear los siguientes puntos:

* Los deportistas entrenados en resistencia con alto volumen de carga, manifiestan menores niveles de testosterona a nivel basal que los sedentarios (*Wheeler et al. 1984; Vasaukari, T., Kujala, U., Heinonen, O. and Huhtaniemi, I.; 1993*). E igual respuesta se da al

comparar deportistas de élite de actividades predominantemente de resistencia, con deportistas de la misma especialidad pero de inferior categoría (*Grandi et al., 1988*).

* En deportes con alto componente de fuerza, los individuos mejor preparados muestran menores niveles de testosterona que los peor preparados, después de un mismo esfuerzo (*Steinacker et al. 1993*).

* Los niveles de testosterona, disminuyen en entrenamientos intensos (*Busso et al., 1992; Opstad, 1992b; Häkkinen et al., 1987; Häkkinen et al. 1988*).

* La duración del entrenamiento, parece tener menor importancia. Lo más importante es la intensidad de este durante la periodización del entrenamiento, distinguiendo entre período de preparación, de competición o de transición (*Seidman et al., 1990; Rouland et al., 1987; Häkkinen et al., 1987*).

* El entrenamiento de resistencia, con un gran volumen semanal y bastante intensidad, hace que aumenten los niveles de testosterona en adolescentes, aunque no de una manera significativa (*Rouland et al. 1987*) y en adultos (*Hickson et al., 1994*), mientras que en otro estudio, este entrenamiento no varía los niveles de testosterona, aunque puede ser debido a la menor intensidad del entrenamiento (*Tsai et al., 1991*).

* En largos períodos de entrenamiento de fuerza, no hay cambios significativos en los niveles de testosterona en mujeres aunque sí hay una correlación entre ésta y la fuerza (*Häkkinen et al., 1990*).

* La exposición prolongada a varios estresores, produce una clara disminución de los niveles de testosterona en circulación en los hombres sanos (*Aakvaag, Sand, Opstad and Fonnum; 1978; de Lignieres, Plas, J., Commandre, Morville, Viani and Plas, F.; 1976*), aunque esta disminución fué justificada por la inhibición de la esteroidogénesis testicular por los corticosteroides y las catecolaminas (*Bambino and Hsueh; 1981; Levin, Lloyd, Lobotsky and Friedrich; 1976*) y a las alteraciones en la secreción de la LH (*Rivier, Rivier and Vale; 1986*).

3. RESPUESTA DEL CORTISOL AL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

Los estudios analizados en este apartado se presentan resumidos en la tabla 2.2.

AUTORES	GRUPOS	TIPO DE TRABAJO	RESPUESTA DEL C
Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen y Komi; 1987	11 ♂ Jóvenes levantadores de peso	* Un entrenamiento anual con tomas de sangre y test de fuerza 7 veces. Fuerza	↑ en las 2 semanas de fuerte entrenamiento y ↓ en las 4 semanas de menor intensidad.
Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen y Komi; 1988	8 ♂ halterófilos de élite.	* Observación de un entrenamiento durante 1 semana con dos sesiones diarias. Fuerza	No hay cambios en los distintos momentos. Por las mañanas ↓ después del ejercicio y por las tardes ↑.

Tegelman, Carlström y Pousette; 1988	31 ♂ de alta competición de hockey hielo	* Tras 3 partidos de competición con poco tiempo de recuperación entre ellos. Resistencia	↑ de los niveles al final de los partidos.
Tegelman, Johansson, Hemmingsson, Eklöf, Carlström y Pousette; 1990	GE: 10 ♀ esquí 10 ♂ esquí GC: 13 ♀ sedenta. 15 ♂ sedenta.	* No hay trabajo. Se observan diferencias entre los que entrenan y los sedentarios. Resistencia y no actividad	En ♂ no hay diferencias significativas. En ♀ hay aumento en GE con respecto al GC
Seidman, Doler, Deuster, Burstein, Arnon y Epstein; 1990	35 jóvenes no entrenados	* Se someten a un entrenamiento de 18 semanas con 1 hora durante 5 días semanales. Resistencia aeróbica	↑ significativo.
Häkkinen, Pakarinen, Kyröläinen, Cheng, Kim y Komi; 1990	Grupo de 14 ♀ . 7 Entrenan y 7 no.	* Entrenamiento de fuerza y potencia durante 16 semanas, seguido de 8 semanas de no entrenamiento, Fuerza	↑ de manera no significativa.
Tsai, Johansson, Pousette, Tegelman, Carlström y Hemmingsson; 1991	6 ♂ esquí 3 ♂ orienta. 1 ♀ esquí 6 ♀ orienta.	* Con el seguimiento del entrenamiento normal, con tomas de sangre en período preparatorio y al principio y final del período de competición. Resistencia	↑ en grupo de ♀ . No encontraron aumento significativo en grupo de ♂.
Opstad; 1992	GE.- 10 ♂ GC.- 9 ♂	* 6 días de fuerte entrenamiento y floja alimentación y descanso.	No encontró diferencias significativas.

Steinacker, Laske; Etzel, Lormes, Liu y Stauch; 1993	Un grupo de jóvenes remeros.	* Sometidos a entrenamiento en dos fases: 1ª.- 16 días con gran volumen y baja intensidad y 2ª .- 10 días con menor volumen y alta intensidad.	No sufría variación durante la 1ª fase. ↑ significativamente durante la 2ª fase.
Snegovskaya, Viru; 1993	Grupo de remeros de alta competición	Seguimiento del entrenamiento durante 20 meses.	↑ concentraciones en remeros de mayor nivel.

TABLA 2.2. RESPUESTA DEL C EN LOS DISTINTOS TRABAJOS DE ENTRENAMIENTO.

Estudios transversales

Resistencia:

Opstad (1992b) no encontró diferencias significativas en los niveles de cortisol, después de someter a un fuerte entrenamiento durante 6 días a un grupo de jóvenes (21-26 años de edad), ejercicio que se acompañaba de una dieta de alimentación floja, al igual que un deficiente descanso, en comparación con la respuesta de otro grupo no entrenado. En un estudio comparativo entre los niveles hormonales de un grupo de hombres y mujeres entrenados con un grupo control sedentario, llevado a cabo por *Tegelman et al. (1990)*, teniendo en cuenta que dos semanas antes de las mediciones hormonales se sometió a los deportistas a unas sesiones recuperatorias para de esa forma evitar la influencia del sobreentrenamiento, no se observaron diferencias significativas en los niveles de cortisol de hombres. Por

otro lado, *Steinacker et al. (1993)* han comprobado los niveles de cortisol entre un grupo de nivel superior y otro de nivel menor, organizados en función de la técnica de remo y resultados de los tests ergométricos aplicados (umbral aeróbico y test de potencia máxima), y vieron que eran mayores en el grupo de menor nivel, tras esfuerzos similares. Esto les hizo pensar que era debido a la mayor actividad catabólica de éstos con respecto a los de mejor nivel.

En el trabajo sobre resistencia llevado a cabo por *Tegelman et al. (1990)*, se vió que las mujeres entrenadas tenían mayor nivel de cortisol basal que las del grupo control. En función de ello, se especula la tendencia de las mujeres a tener un período catabólico más largo que los hombres.

Fuerza:

No hemos encontrado trabajos transversales sobre la influencia del entrenamiento de la fuerza en los niveles del cortisol.

Estudios longitudinales

Resistencia:

Aunque no es estrictamente un entrenamiento, tras una serie de esfuerzos continuados con poco tiempo de recuperación entre ellos, como son la realización de tres partidos de hockey hielo en menos de 48 horas, se produce un aumento de los niveles de cortisol

que puede ser producto de la fatiga acumulada (*Tegelman et al., 1988*). También se observó un incremento significativo en los niveles de cortisol, en el fuerte entrenamiento llevado a cabo por *Seidman et al. (1990)* con jóvenes deportistas durante 18 semanas. *Tsai et al. (1991)* no encontraron aumento significativo en un grupo de nueve hombres deportistas de resistencia pero sí en las mujeres, e indicaron que éstas parecen más vulnerables al incremento de la intensidad en el esfuerzo físico. *Steinacker et al. (1993)*, seleccionaron un grupo de jóvenes remeros y los sometieron a entrenamiento en dos fases: la primera de gran volumen pero baja intensidad y la segunda de gran intensidad y menor volumen, y comprobaron que los niveles de cortisol no sufrían variación durante la 1ª fase y sí aumentaba significativamente durante la 2ª fase. Este incremento lo relacionan con el trabajo más intenso de tipo anaeróbico y también lo achacan a factores psicológicos, aunque concluyen que no tienen la certeza de las causas.

Seidman et al. (1990) encontraron en un grupo de 7 mujeres deportistas de actividades de resistencia (esquí y orientación) un aumento significativo del cortisol tras un período de entrenamiento de un año aproximadamente tomando como fechas de medición el período preparatorio, el principio del período de competición y el final de dicho período.

Fuerza

Häkkinen et al. (1988), en un grupo de levantadores de peso finlandeses sometidos durante 1 semana a fuerte entrenamiento con dos sesiones diarias y medición de hormonas en suero antes y después de las sesiones, comprobaron que el cortisol no sufría

cambios estadísticamente importantes cuando se tomaba como referencia las mediciones a las mismas horas en días sucesivos, mientras que, sí había cambios estadísticamente importantes entre las mediciones antes y después del entrenamiento, sobre todo en las sesiones de la mañana. Observaron pues que los niveles de cortisol disminuían por la mañana "entre antes y después" del ejercicio y por la tarde aumentaban.

Häkkinen et al. (1987) realizaron el seguimiento de un entrenamiento de fuerza con 11 levantadores de peso, prestando mayor atención a las seis semanas previas a la 1ª competición. La distribución de las cargas de entrenamiento en dicho período fué: - muy intenso en las 2 primeras semanas, -intensidad normal en las dos siguientes y -baja intensidad en las dos últimas. Como consecuencia de ello, determinaron que los niveles de cortisol aumentaron aunque no significativamente en las dos primeras semanas y disminuyeron significativamente en las cuatro siguientes. *Snegovskaya et al. (1993)*, después de un entrenamiento con remeros de alta competición durante 20 meses, vieron que las concentraciones de cortisol en la precompetición eran significativamente más altas en los remeros de mayor nivel, deduciendo de ello que una mejora de la capacidad de rendimiento en deportistas previamente entrenados está asociado a elevaciones del cortisol.

Por otro lado, el estudio llevado a efecto por *Häkkinen et al. (1990)* con un grupo de mujeres sometidas a entrenamiento de fuerza 3 sesiones semanales durante 16 semanas y las 8 siguientes dedicadas a recuperación, demuestra que el cortisol se eleva estadísticamente no significativo, después del entrenamiento y después del período de 8 semanas de recuperación.

Resumen de las respuestas del cortisol al entrenamiento

Las respuestas del cortisol al entrenamiento podemos resumirlas con los siguientes puntos:

- * El entrenamiento realizado con fuerte intensidad, produce un aumento de los niveles de cortisol en sangre, como resultado de la actividad catabólica (*Tegelman et al., 1988; Seidman et al., 1990; Tsai et al., 1991; Steinacker et al., 1993; Häkkinen et al., 1987*). Aunque en un trabajo (*Opstad, 1992b*), el entrenamiento intenso con poco descanso y mala alimentación produce disminuciones de estos niveles pero no significativos.
- * La duración del entrenamiento por sí misma no va a influir sobre los niveles de cortisol (*Steinacker et al., 1993; Häkkinen et al., 1987; Tsai et al., 1991*). Solamente cuando va acompañada de una cierta intensidad produce las elevaciones de cortisol como se ha visto.
- * Los deportistas de mejor nivel deportivo y físico tienen más cortisol en el suero previo a la competición que los deportistas de un nivel inferior o los no deportistas (*Snegovskaya et al., 1993; Tegelman et al., 1990*).
- * Ante esfuerzos similares, a los deportistas mejor preparados se les aprecia menor nivel de cortisol después del ejercicio que a los deportistas de nivel inferior, supuestamente debido a una mayor actividad catabólica (*Steinacker et al., 1993*).

4. RESPUESTA DE LA TESTOSTERONA Y CORTISOL AL ENTRENAMIENTO EN ADOLESCENTES.

Hay bastantes artículos sobre la influencia del entrenamiento en el aplazamiento de la menarquía en mujeres que compiten (*Rouland et al., 1987; Leheup et al., 1989, Malina, 1994*), pero pocos sobre los efectos del entrenamiento en las hormonas catabolizantes y anabolizantes en jóvenes deportistas de cualquier sexo. El crecimiento participativo en competiciones deportivas de niños y adolescentes ha sido examinado por los médicos con una mezcla de entusiasmo y prudente preocupación. Mientras que el ejercicio regular puede conducir a distintos beneficios saludables, los ejercicios intensos de los programas de entrenamiento en alto rendimiento con deportistas en crecimiento pueden ser peligrosos y existen muchos aspectos poco conocidos sobre sus repercusiones (*Rouland et al., 1987*). Respecto a la influencia del entrenamiento y ejercicio sobre el eje hipotalámico-pituitario-gonadal hay algunas publicaciones. Se ha visto que las chicas que entrenan activamente tienen más probabilidades de sufrir un retraso en su menarquía, continuando con altas incidencias de oligomenarquía en los años postpuberales, si se sigue con el fuerte entrenamiento. Esto es acompañado por cambios en la hormona reproductora que implica disturbios en el eje hipotalámico-pituitario-gonadal, pero sin embargo no está claro el origen de estas alteraciones en la función reproductora (*Rouland et al., 1987; Leheup et al. 1989*). La pérdida de actividad rítmica detectada en ciertos estudios, unida al exceso de secreción de endorfinas, induce a la falta de secreción pulsátil de gonadotropinas y más particularmente de LH.

Se observan los niveles de cortisol mayores antes de un ejercicio de entrenamiento de una cierta intensidad que después, aunque estos datos también fueron igualmente significativamente mayores para el grupo control,

que no hacía ejercicio (*Rich, Villani, Fulton, Ashton, Bass, Brinkert and Brown, 1992*), por lo que se planteó la idea de que existía la influencia del ciclo circadiano sobre el cortisol, al igual que en el adulto. Estos autores indican que dicha respuesta del C al ejercicio ha podido ser debida a la baja intensidad del entrenamiento llevado a efecto.

Cuando se habla de entrenamiento en adolescentes, tanto a nivel de resistencia como de fuerza, para conseguir buenos efectos de las cargas sobre las adaptaciones del deportista, es necesario tener en cuenta el proceso natural de maduración y no aplicar trabajos muy intensos puesto que pueden perjudicar más que beneficiar (*Mero et al., 1990*).

Para *Hackney (1989)*, las principales propiedades físicas de la testosterona en los adolescentes son:

- * Estimula la proteína anabólica, el crecimiento corporal y la osificación,
- * Induce y mantiene la diferenciación de los tejidos somáticos,
- * Induce y desarrolla las características sexuales secundarias,
- * Ayuda en el desarrollo y mantenimiento de los órganos accesorios sexuales,
- * Soporta la espermatogénesis testicular,
- * Influye en la conducta sexual y agresiva
- * Regula la secreción de gonadotropinas.

Entre los pocos trabajos que hemos podido encontrar realizados con adolescentes e incluso con preadolescentes, vemos que sus niveles hormonales, en concreto la testosterona y el cortisol, responden ante el entrenamiento en función del momento en que se realicen las mediciones con respecto al día y al tipo de trabajo realizado anteriormente (muy intenso o poco intenso), lo que hará que el deportista se encuentre cansado o recuperado de dicho esfuerzo. Vemos cómo en el estudio de un seguimiento de dos meses, llevado a cabo por *Rowland et al. (1987)* con adolescentes masculinos, sometidos a entrenamiento de resistencia, los niveles de testosterona aumentaban sobre todo en el primer mes, sin llegar a ser significativos estadísticamente. Este aumento lo atribuían a la respuesta de secreción de la hormona pituitaria luteinizante, aunque, después de un ejercicio agudo, plantean que la variación de los niveles hormonales puede deberse (*Rowland et al., 1987; Hackney, 1989*):

1. A la hemoconcentración
2. A la disminución del espacio libre metabólico debido al decrecimiento hepático en la corriente sanguínea.
3. Y/o al aumento de la mediatización de las catecolaminas

CAPÍTULO 3

CONTROL DEL ENTRENAMIENTO

CONTROL DEL ENTRENAMIENTO

1. INTRODUCCIÓN

En todo proceso de entrenamiento es imprescindible el control, a través del cual comparar el nivel inicial del deportista y los efectos conseguidos por aquel. Existen muchos tipos de variables a controlar para poder deducir la forma deportiva, entre las que tenemos: las fisiológicas, a través de las cuales se observa la adaptación del organismo a las distintas demandas solicitadas por el propio deporte, las psicológicas, que permiten analizar los estados de ánimo y la capacidad psíquica de soportar por parte del individuo las distintas situaciones propias del deporte, y las técnicas, en donde se puede observar el dominio de los movimientos necesarios para poder superar con éxito las competiciones.

Los distintos deportes, en función de sus características dan más importancia a unos u otros factores, pero, en definitiva, es necesario dominarlos todos para poder rendir al máximo en los momentos necesarios.

Al realizar las sesiones de entrenamiento se somete al organismo a importantes esfuerzos, que es necesario controlar para poder realizarlo de forma efectiva, puesto que un entrenamiento con pocos periodos de recuperación entre las distintas cargas a que se somete al organismo, puede llevar al sobreentrenamiento y con ello a conseguir los efectos contrarios:

fatiga crónica, falta de sueño, excitabilidad, etc.. Por tanto, es muy importante conseguir controlar el entrenamiento y sus efectos. Entre los distintos métodos que se aplican, aunque en pequeña medida actualmente, está la ratio testosterona libre/cortisol (FTCR) como elemento para diagnosticar el sobreentrenamiento y evitarlo, puesto que es muy importante en todo entrenamiento que esté bien relacionado con los periodos de recuperación. La disminución de un 30% o más del FTCR con respecto a los niveles basales es indicativo de una recuperación incompleta temporal como consecuencia de un entrenamiento intensivo (*Adlercreurtz, Harkonen, Kuoppasalmi, Naveri, Huhtaniemi, Tikkanen, Remes, Dessypris and Karvonen, 1986; Harkonen, Kuoppasalmi, Naveri, Tikkanen, Icen, Adlercreurtz and Karvonen, 1984; Vervoorn, Quist, Vermulst, Erich, de Vries and Thijssen; 1991 Banfi et al., 1993; Marinelli et al., 1994*). Los cambios en los valores de la testosterona tras las sesiones de entrenamiento de fuerza o de resistencia a nivel individual, pueden ser importantes para valorar las adaptaciones al esfuerzo (*Jensen et al., 1991*). Igualmente la hipercortisolemia en los sujetos sometidos a ejercicio físico puede responder a la adaptación fisiológica al entrenamiento (*Salvador, Suay, Martínez-Sánchis, González-Bono, Rodríguez y Gilabert; 1995*).

Otra de las funciones a observar en los deportistas para poder controlar su rendimiento en competición y a su vez poder incorporar al entrenamiento para buscar situaciones reales, son los estados de ánimo que permiten ver cómo se encuentran éstos en las distintas situaciones del entrenamiento o de la competición y poder relacionarlos con los niveles hormonales y de esta forma dirigir el entrenamiento de forma más controlada. Tal como podemos ver en el estudio llevado a cabo por *O'Connor, Morgan, Raglin, Barksdale y Kalin (1989)* con el sobreentrenamiento se observan modificaciones en los estados de ánimo que en situación normal no ocurren.

2. RATIO TESTOSTERONA/CORTISOL

Los niveles plasmáticos de testosterona total, libre y cortisol han sido propuestos en la medicina deportiva para estudiar el anabolismo y catabolismo (*Banfi et al., 1993*), siendo la ratio entre la testosterona libre (TL) y el cortisol (C) considerada como un índice de la efectividad del balance entre las vías anabólica y catabólica y especialmente del posible sobreentrenamiento (*Banfi et al., 1993*), considerando el sobreentrenamiento como un desequilibrio del balance necesario entre el entrenamiento y la recuperación (tabla 3.1.).

El equilibrio entre la actividad anabólica y catabólica se representa por el ratio entre la T_{LIBRE}/C (FTCR) (*Adlercreurtz et al. 1986; Harkonen et al. 1984; Alén, Pakarinen, Häkkinen and Komi; 1988*).

El FTCR es un parámetro útil para la detección inicial del desequilibrio anabólico y catabólico (*Vervoorn et al., 1991*).

La condición que dan *Adlercreurtz y col. (1986)* y *Harkonen y col. (1984)* para que se diagnostique la fatiga excesiva en un deportista a través de la FTCR se basa en los siguientes criterios:

1. **Criterio absoluto:** Un valor menor que $0.35 \cdot 10^{-3}$ medida la Testosterona libre (FT) en nmol/l. y el C en $\mu\text{mol/l}$.

2. **Criterio relativo:** Una disminución del nivel inicial de un 30% o más.

AUTORES	GRUPOS	TIPO DE TRABAJO	RESPUESTA DE LA T/C
Fry, Morton, García-Webb, and Keast (1991)	14 sujetos de varios niveles de preparación al ejercicio físico	Se someten a una sesión interválica intensiva de tipo aeróbico y se toman muestras previo al ejercicio, y a las 2, 4 8 y 24 horas de acabar este.	Observaron basándose en la ratio T/C que una alimentación rica en proteínas no influye en la recuperación, pero ayuda a impedir el estrés al sobreentrenamiento.
Lutoslawska, Obminski, Krougulski and Sendeki (1991)	5 piragüistas de élite	Se les toman muestras de sangre, antes y después de una carrera de 19 kms en kayak y otra de 42 kms.	Disminuye la ratio en los esfuerzos más largos, aunque a las 18 horas de recuperación se vuelve a recuperar el nivel basal.
Tsai, Johansson, Pousette, Tegelman, Carlstöm and Hemmingsson (1991)	9 sujetos de orientación (6 ♀ y 3♂) y siete esquiadores de fondo (1 ♀ y 6♂)	Se toman mediciones al comienzo de la temporada, al principio del período de competición y al final de este.	No se observan cambios significativos de la ratio, en ambos grupos.
Veervoorn, Quist, Vermulst, Erich, de Vries and Thijssen (1991)	6 remeros ♂ de élite.	9 meses de entrenamiento	↓ FTICR en los periodos de fuerte entrenamiento. ↑ FTICR en los periodos de baja intensidad.

<p>Guglielmini, Manfredini, Grazzi, Casoni, Manfredini, Mazzoli and Conconi (1992)</p>	<p>10 biathletas de élite.</p>	<p>5 meses de entrenamiento. Los 4 primeros meses para todos igual y el último, 7 sujetos siguen igual y 3 sujetos disminuyen su actividad.</p>	<p>Se observa superior la ratio en el grupo que disminuye su actividad. La reducción del entrenamiento puede restaurar suficientemente el equilibrio homeostático</p>
<p>Rich, Villani, Fulton, Ashton, Bass, Brinkert and Brown (1992)</p>	<p>8 gimnastas con una edad media de 10 años y 11 meses.</p>	<p>5 días de entrenamiento consecutivo, específico de gimnasia y se comparan con un grupo de control relativamente sedentario, tomando muestras de sangre previo al entreno y 30 min. posterior a él.</p>	<p>↓ FTCCR en el grupo de gimnastas después de un fuerte entrenamiento y se recuperaban tras un día de menor actividad.</p>
<p>Vervoorn, Vermulst, Boelens-Quist, Koppeschaar, Erich, Thijssen and de Vries (1992)</p>	<p>6 ♀ remeros de élite.</p>	<p>4 con un programa idéntico de entreno y 2 con programa individualizado. Entrenan durante 9 meses, pasándoles diversos test con toma de muestras de sangre.</p>	<p>↓ FTCCR tras los períodos de fuerte entrenamiento. ↑ FTCCR tras períodos de relativo descanso.</p>

<p>Banfi, Marinelli, Roi and Agape (1993)</p>	<p>Ocho patinadores de velocidad (5 ♂ y 3 ♀)</p>	<p>Estudio desde junio del 91 hasta enero del 92. Periodo de entrenamiento de preparación para los juegos olímpicos y el campeonato del mundo.</p>	<p>Cuando la FPCR disminuye por encima del 30%, se relaciona esto con la recuperación de un entrenamiento intensivo. No observaron síntomas de sobreentrenamiento el cual pueden relacionarlo con el criterio absoluto</p>
<p>López, Navarro, Barbany, García, Bonnin and Valero (1993)</p>	<p>7 ciclistas ♂</p>	<p>Seguimiento de un entrenamiento durante 6 meses, mediante toma de muestras de saliva.</p>	<p>↓ FPCR sin llegar a ser significativa estadísticamente. Mejoraban la capacidad aeróbica y se deterioraba la anaeróbica.</p>
<p>Tsai, Karpakka, Aginger, Johansson, Pousette and Carlstrom (1993)</p>	<p>6 estudiantes (4 ♂ y 2 ♀)</p>	<p>Se les aplica distintos tipos de dieta, mientras ejecutan unos esfuerzos no muy fuertes.</p>	<p>Los distintos tipos de dieta no varían significativamente la ratio NSBT/C (NSBT es la T no unida a la SHBG).</p>

<p>Marinelli, Roi, Giacometti, Bonini and Banfi (1994)</p>	<p>GE = 6 ♂ de maratón GC = 5 ♂ sedentarios</p>	<p>Se les somete a la realización de una maratón en unos 4000 mts. de altitud.</p>	<p>< en ambos grupos (no significativamente) del nivel del mar a la altitud. En el GE < significativamente después de la carrera y > significativamente a las 24 horas del período de recuperación. Hay diferencias significativas con el GC después de la carrera</p>
--	---	--	---

TÁBLA 3.1. RESPUESTA DE LA T/C EN LOS DISTINTOS TRABAJOS DE ENTRENAMIENTO.

Hay que tener en cuenta que estos datos los han planteado en corredores masculinos adultos de larga distancia con un fuerte entrenamiento durante un periodo menor de 3 semanas.

Basándose en estos datos, se intentó utilizar el FTCT para programar más adecuadamente el entrenamiento (*Vervoorn et al. 1991*). Observaron que después de entrenar fuertemente, se producía una disminución de la FTCT y al continuar con un período de entrenamiento más liviano, aumentaba. Esto les hizo pensar que el desequilibrio entre la actividad anabólica y catabólica debido al fuerte entrenamiento, era de carácter temporal y no duradero. Observaron también que ningún deportista de los estudiados bajó su FTCT por debajo del criterio absoluto ($\leq 0.35 \cdot 10^{-3}$) aunque si se dió el criterio relativo (disminución del 30% o más del nivel basal) en distintos momentos del entrenamiento y en distintos deportistas, lo cual lo relacionaron con el insuficiente tiempo de recuperación entre las

sesiones de entrenamiento, siempre que no aparezcan acompañados de los clásicos síntomas de sobreentrenamiento (pérdida de peso, incremento del pulso por la mañana, problemas de concentración, lenta recuperación del pulso tras el ejercicio, conducta emocional inestable,...)

Ante un incremento repentino de la intensidad del entrenamiento, se observa un cambio metabólico hacia el catabolismo ($T_{TOTAL} \downarrow$, $T_{LIBRE} \downarrow$, $FTCR \downarrow$ Y $C \uparrow$) mientras que en períodos de relativo descanso con sesiones de baja intensidad, se observaron cambios de tipo anabólico ($T_{TOTAL} \uparrow$, $T_{LIBRE} \uparrow$, $FTCR \uparrow$ Y $C \downarrow$) (Vervoorn, Vermulst, Boelens-Quist, Koppeschaar, Erich, Thijssen and de Vries; 1992). Igualmente observaron que ante el fuerte incremento del entrenamiento, el FTCT correlacionaba con el volumen.

Similares respuestas fueron observadas tras un trabajo de entrenamiento con gimnastas de élite masculinos preadolescentes (Rich et al., 1992) en donde disminuían significativamente el FTCT de los gimnastas en relación a un grupo control de preadolescentes normales, los días posteriores a un fuerte entrenamiento, recuperándose los niveles tras un día de supuesto descanso. Ese aumento del FTCT fué descubierto también en el grupo control, lo que les llevó a deducir que los cambios pueden deberse también a otros factores distintos al entrenamiento. Indican que el uso de varios días de entrenamiento similar, reducen el balance anabólico-catabólico pero es necesario controlar otros parámetros que pueden influir también.

La respuesta del FTCT al entrenamiento, está relacionada con la intensidad (Vervoorn et al., 1991; Vervoorn et al., 1992; Guglielmini, Manfredini, Grazi, Casoni, Manfredini, Mazzoli and Conconi, 1992; Rich et al., 1992; Lutoslawska, Obminski, Krougulski and Senddecki, 1991), pues a fuerte entrenamiento durante un período de tiempo, se produce una disminución de este, que es recuperada tras un tiempo de descanso (activo o pasivo) que será proporcional a la intensidad. Aunque por otro lado,

durante un estudio llevado a cabo por *Tsai y col. (1991)* con deportistas de fondo (orientación y esquiadores de fondo) no observaron una disminución de los niveles de la ratio en ninguno de los dos grupos. Estos resultados pueden ser debidos a que a las 18 horas de un esfuerzo intenso, el organismo ya ha vuelto a sus niveles hormonales basales (*Lutoslawska et al.; 1991*), o incluso a mayores niveles que los basales (*Marinelli et al. 1994*). Por ello es importante saber el tiempo transcurrido entre el último esfuerzo realizado y la medición hormonal.

Guglielmini y col. (1992), compararon la FTCTR tras un entrenamiento durante 5 meses en dos grupos en donde la intensidad fué fuerte para el GE y disminuyó en el último mes para el GC, observándose que en el GC disminuye su aspecto catabolizante (C↓) en un 5% e incrementa el anabolizante (T↑) en un 5% y (T/C↑) en un 1%, en relación al GE. De ello deducen que el fuerte entrenamiento puede alterar significativamente los niveles de hormonas en sangre. La reducción del entrenamiento puede ser suficiente para recuperar el balance hormonal y con ella algunas de las variables hematológicas.

Igualmente para *Lutoslawska y colaboradores (1991)*, la intensidad produce incrementos en el C y disminuciones en T y ratio T/C, indicando que ante esfuerzos de mayor duración, dichas variaciones son más remarcadas, aunque después de 18 horas de recuperación se vuelve a los niveles basales.

Tras entrenamiento de resistencia (ciclistas), al término de 6 meses entre las dos tomas de saliva para comprobar los niveles hormonales de T y de C, se observó que la ratio T/C disminuía un 29% sin llegar a ser significativa estadísticamente, lo cual correlacionaba con la pérdida de peso. Se dedujo que aumentaban su capacidad aeróbica y se deterioraba la capacidad anaeróbica, posiblemente debido al sistema de entrenamiento

típico de resistencia sin profundizar en aspectos anabolizantes que mejoren las capacidades de fuerza explosiva o velocidad (*López, Navarro, Barbany, García, Bonnin and Valero; 1993*).

Banfi y colaboradores (1993) observaron durante un período de entrenamiento a ocho patinadores de hielo de élite a los cuales se les ha hecho 6 tomas de sangre durante todo el proceso de entrenamiento, para comprobar entre otros aspectos sus niveles de FTGR, se vió que en las mediciones 3 y 5 correspondientes al período posterior al entrenamiento en altitud y al período posterior a la preparación especial sobre hielo, había una subida estadísticamente significativa y en la medición 6 había un descenso estadísticamente significativo, mientras que en las mujeres no se descubrieron diferencias significativas en ningún momento de medición, a pesar de que las conductas de la ratio TL/C son similares aunque no tan pronunciadas. De estos datos, concluyen que cuando la ratio TL/C disminuye por encima del 30%, esto puede ser relacionado con la recuperación incompleta temporal de un entrenamiento intensivo y no necesariamente con el sobreentrenamiento que haría parar este para la recuperación del deportista. La precisa correlación entre los signos bioquímicos de sobreentrenamiento y los síntomas individuales del exceso de entrenamiento, tal como la pérdida de peso, el incremento de las pulsaciones en reposo, la inestabilidad de conducta, no deben existir, pero comentan *Banfi y colaboradores (1993)* que concuerdan las disminuciones de FTGR unidas a los períodos de recuperación y cansancio residual y, consecuentemente, la reducida eficacia para las competiciones planteadas.

Los esfuerzos largos en condiciones adversas, como puede ser la realización de una maratón en altitud superior a los 3800 mts, por 6 corredores masculinos, hacen que el FTGR disminuya en principio no significativamente con respecto a los niveles que se tienen a altitudes bajas mientras que después de la carrera se produce la disminución significativa

($p < 0.05$) con respecto a los niveles de FTCR que se tienen 24 horas antes de la carrera a la misma altitud y una disminución significativa ($p < 0.01$) con respecto a 5 componentes de la expedición que actúan como grupo control, y a las 24 horas del período de recuperación posterior a la carrera se observa un fuerte incremento del FTCR ($p < 0.05$), incluso superior al que se tiene a nivel del mar (*Marinelli et al., 1994*).

En lo que se refiere a los aspectos alimenticios para favorecer la recuperación de la respuesta hormonal al ejercicio, se ha comprobado que una alimentación rica en proteínas no influye en la recuperación o respuesta hormonal inducida por el ejercicio, pero sí parece que ayuda a impedir el estrés al sobreentrenamiento (*Fry, Morton, Garcia-Webb and Keast; 1991*). Aunque las variaciones en C, T y en la ratio NSBT/C (siendo NSBT la testosterona no unida a la SHBG) no varían significativamente en función a los distintos tipos de dieta, según el estudio llevado a cabo por *Tsai, Karpakka, Aginger, Johansson, Pousette y Carlstrom (1993)*.

3. CONTROL DEL ESTADO DE ÁNIMO: POMS

Como hemos dicho anteriormente, uno de los aspectos a tener en cuenta a la hora de determinar el éxito de los deportistas, es sin lugar a dudas su estado de ánimo, que puede influir de una forma positiva o negativa en el propio rendimiento y sus variaciones pueden deberse a características fisiológicas, como puede ser el sobreentrenamiento (*O'Connor et al., 1989*) o a características de tipo personal o social.

Las mujeres que practican deporte, obtienen unas puntuaciones significativamente mayores en el factor vigor ($t = -2.42$, $p < 0.02$) que las que no realizan actividad deportiva, las cuales tienen a su vez, el factor de confusión más alto ($t = 1.97$, $p < 0.05$), sucediendo con el vigor, similar conducta en los hombres que practican deporte que tienen dicho factor más elevado ($t = -4.11$, $p < 0.001$) que los que no practican, mientras que tienen la puntuación total más baja ($t = -1.92$, $p < 0.05$) (*Balaguer, Fuentes, Meliá, García-Merita y Pérez Recio, 1993*). Por tanto plantean al igual que otros autores (*Morgan and Pollock, 1977; Gondola and Tuckman, 1982; Berger and Owen, 1983; McGowan and Jordan, 1988*) que con la práctica deportiva, se produce un incremento del factor vigor, tanto en hombres como en mujeres.

Sin embargo, ante fuertes cargas de entrenamiento con pocos períodos de recuperación que conduzcan al deportista al sobreentrenamiento, se producen alteraciones significativas en tensión, depresión, cólera, vigor, fatiga y en el total (*O'Connor et al., 1989, Morgan, 1979; Morgan, 1980; Morgan, Brown, Raglin, O'Connor y Ellikson, 1987; Morgan, Costill, Flyn, Raglin y O'Connor, 1988; Riddik, 1984*). En oposición a esto, tenemos el trabajo llevado a cabo por *Pérez, Solanas y Ferrer (1993)* con un estudio longitudinal con nadadores de un cierto nivel y sometidos a entrenamiento de volumen elevado con su correspondiente tiempo de recuperación que favorezca la asimilación de las cargas de trabajo y estando sometidos a un control asiduo de su estado de ánimo a través de la prueba POMS. En este estudio, vieron que solamente hay diferencias significativas en las medias del total del POMS, cuando en el volumen de entrenamiento existía una diferencia extrema entre una semana y la siguiente. Deducen que influyen además del volumen de entrenamiento, otros factores que pueden modificar los estados de ánimo del deportista. Hay que destacar en el estudio, que solamente contemplaron el volumen sin tener en cuenta la intensidad, ni otros factores externos.

Ante un entrenamiento largo (4 años) de carácter predominantemente de resistencia, no hay diferencia significativa en la respuesta de los estados de ánimo durante el entrenamiento, fluctuando estos en relación a las alternancias del volumen de trabajo. La tensión es la que permanece elevada incluso ante el entrenamiento más reducido (*Raglin, Morgan and O'Connor, 1991*), siendo las mujeres las que mantienen ésta más elevada.

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

CARACTERÍSTICAS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

1. ADAPTACIONES DEL ORGANISMO AL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

Tal como nos indica *Platonov (1991)*, el organismo ante la actividad física o cualquier otro estímulo estresante, produce una activación de la hipófisis que aumenta la secreción de la hormona adrenocorticotrópica, que a su vez estimula el córtex de las suprarrenales. Las hormonas de las suprarrenales, por su parte, van a estimular los mecanismos de adaptación para que el organismo soporte la acción excitante.

Si el estrés es muy fuerte o actúa durante largo tiempo, se produce al final un agotamiento, mientras que si el estrés no supera la reserva de adaptación del organismo, se van produciendo unas reacciones que estimulan la adaptación de éste mediante la movilización de recursos energéticos, aumento de glucosa en sangre, ácidos grasos, aminoácidos, etc.; que inciden sobre los órganos y músculos que participan en la actividad (*Platonov, 1991, Verjoshanski, 1992*).

Con el entrenamiento de fuerza, se trata de producir unas adaptaciones crónicas de tipo estructural y funcional del organismo para poder mejorar las respuestas ante situaciones especiales. Las adaptaciones están relacionadas con el tipo de estímulos a que es sometido el organismo, por ello es necesario, a la hora de realizar un entrenamiento de cualquier

actividad, ver cuáles son las cualidades físicas que destacan en su rendimiento, la forma en que se utilizan y, a partir de ahí, desarrollarlas de forma específica.

Cuando buscamos entrenar la fuerza, debemos tener presente, inicialmente, los objetivos a alcanzar, puesto que la fuerza que se necesita para un tipo de actividad como puede ser la halterofilia es distinta a la que se necesita para otra como puede ser el lanzamiento de jabalina. Otro de los factores que nos van a condicionar el tipo de fuerza a entrenar es la propia edad de los deportistas o el nivel alcanzado por ellos, ya que no es lo mismo trabajar el desarrollo de fuerza de un chico en período de crecimiento que la que se aplica a un deportista de alta competición (*Ehlenz, Grosser, Zimmermann; 1990*).

De todo ello podemos decir que el entrenamiento de fuerza se plantea de una manera variada, dependiendo de los distintos tipos de objetivos que tratamos de alcanzar y en función de una serie de condiciones, puesto que no es lo mismo buscar la máxima fuerza absoluta en un deportista de élite que en un deportista que se inicia, debido al efecto de las cargas de entrenamiento sobre ambos. En el deportista consolidado se tiene que buscar variabilidad en las distintas actividades planteadas para que produzca efecto de entrenamiento, mientras que en el principiante, con cualquier tipo de carga se produce efecto (*Verjoshanski, 1990*). Los objetivos que se pueden buscar con el entrenamiento de fuerza son:

- * Mejorar el rendimiento de los distintos deportes

- * Como entrenamiento de base para mejorar la fuerza a nivel general y poder pasar posteriormente a su trabajo específico del deporte en concreto.

- * Mejorar la forma física a nivel de salud
- * Rehabilitación de algún músculo o grupo de músculos lesionados.

Por todo ello y en función del objetivo que busquemos y las condiciones con que partimos, debemos estructurar el entrenamiento organizando los métodos y los medios a emplear para poder conseguir las adaptaciones apropiadas a la consecución de los objetivos propuestos (Ehlenz, et al.; 1990, Platonov, 1991; Verjoshanski; 1990).

Parece ser que un buen desarrollo de la fuerza máxima en el individuo favorece los resultados en la mayoría de las acciones deportivas, en las que se mueven objetos o el propio cuerpo a gran velocidad y por lo tanto vamos a ver de forma superficial los mecanismos de esta fuerza máxima que serán los que nos condicionen los distintos tipos de entrenamiento, junto con el nivel de fuerza de los individuos, la edad y el sexo (Hauptmann y Harre; 1987).

La magnitud de la fuerza máxima de un individuo, va a depender de los siguientes factores (Hauptmann et al.; 1987):

- * **La sección muscular.** Es necesario que ésta sea grande para alcanzar altos niveles de fuerza máxima. La forma de conseguir la hipertrofia muscular es mediante la utilización de fuerza ante resistencias por encima del 75% de la fuerza máxima, realizando una tensión muscular superior a la media, con una duración óptima, e intentando realizar el máximo de repeticiones en cada serie de ejercicios. Se plantea que las mejoras rápidas y significativas de la fuerza en etapas iniciales de un entrenamiento no son debidas a la hipertrofia muscular, sino que sucede más adelante con la progresión

del entrenamiento. Estas primeras mejoras son debidas a alteraciones de las vías neuronales inhibitorias y facilitadoras (*McArdle, Katch y Katch; 1990*): En posteriores momentos del entrenamiento es cuando se producen los aumentos en la musculatura a nivel de sección transversal. La hipertrofia está relacionada con la síntesis del material celular, sobre todo con la proteína que constituye los elementos contráctiles. Para conseguir ésta, es necesario producir mayor tensión muscular independientemente de la influencia hormonal.

* ***El tipo de fibras musculares.*** Atendiendo a las características contráctiles y metabólicas de las fibras, éstas se dividen en 2 grupos (*McArdle et al. 1990*):

- Fibras musculares de contracción rápida (CR): Tienen una alta capacidad para la transmisión electroquímica de los potenciales de acción con un alto nivel de actividad miosín-ATPasa y un nivel rápido de liberación y recogida de calcio por el retículo endoplasmático. Es decir, todo aquello relacionado para conseguir la energía necesaria para las contracciones potentes y rápidas. Dependen casi completamente del metabolismo anaeróbico. Dentro de este tipo de fibras, llamadas por muchos autores Fibras de Tipo II se suelen distinguir los siguientes subtipos:

* Tipo IIa.- Que sería la llamada "intermedia" entre las fibras de contracción lenta y las de Tipo IIb de carácter totalmente anaeróbico. Este tipo de fibras combina su velocidad rápida de contracción con una capacidad más bien moderada de transmitir energía aeróbica como anaeróbica. Son fibras rápidas-oxidativas - glucolíticas (ROG)

* Tipo IIb.- Que sería la llamada "fibra rápida glucolítica" y posee el mayor potencial anaeróbico.

* Tipo IIc.- Que son unas fibras raras que pueden estar implicadas en la reinervación o transformación de las unidades motrices (UM).

- Fibras musculares de contracción lenta (CL) : Generarán energía para la resíntesis del ATP mediante el sistema aeróbico. Tienen un bajo nivel del enzima miosín-ATPasa , una velocidad de contracción lenta y una gran cantidad de mitocondrias, así como de un mayor tamaño necesarias para el metabolismo aeróbico. Así mismo tienen una alta concentración de enzimas aeróbicos. Muchos autores las llaman fibras de Tipo I.

Muchos estudios realizados con deportistas de élite, tal como nos indican *McArdle y otros (1990)*, demuestran que las características del propio deporte hacen que en unos predomine el tipo de fibras rápidas (lanzadores, velocistas, halterófilos,..) y en otros el tipo de fibras lentas (esquiadores de fondo, maratonianos, etc..). Otros deportes, en los que se combinan ambas necesidades, como los mediodfondistas, suelen tener un porcentaje similar de ambos tipos de fibras. Pero, como hemos dicho antes, esto no es solamente la única característica para el rendimiento en los distintos deportes.

* **La coordinación intramuscular:** Dentro de una unidad motora (UM), ante un estímulo, o bien se contraen todas las fibras o no se contrae ninguna. Así, la coordinación intramuscular supone la contracción de todas las unidades motrices de un músculo y facilita la máxima fuerza.

El entrenamiento de fuerza consigue que el individuo utilice sincrónicamente más unidades motoras, aumentando con ello su fuerza máxima. La mejoría de ésta con el entrenamiento se da mediante la superación de cargas submáximas con una elevada velocidad de movimiento (trabajo explosivo de la fuerza). Si no queremos trabajar la hipertrófia, hay que dosificar el número de series, y realizar pocas repeticiones (*McArdle, et al., 1990; Ehlenz et al., 1990*).

* **La coordinación intermuscular:** Mediante la utilización de forma sincronizada de todos los músculos que intervienen en la acción para poder utilizar eficazmente el potencial de fuerza. En deportistas de alto rendimiento este tipo de mejoría se hace con el mismo ejercicio de competición (*McArdle, et al., 1990; Ehlenz et al., 1990*). Se puede apreciar deportistas que generan más fuerza en determinados movimientos que otros que presentan más masa muscular, y esto es debido precisamente a esta coordinación intermuscular de todos los grupos musculares que intervienen en dicha acción.

Para *Meerson (1986)*, todos los cambios estructurales que se producen en los órganos y en los tejidos, como resultado de la adaptación larga a las cargas físicas, están basados en la relación entre la función de la célula y su aparato genético. Ello se debe a la activación de los ácidos nucleicos y a las proteínas de las células del sistema responsable de la adaptación. El resultado final de estos cambios es la disponibilidad del organismo para las cargas físicas correspondientes.

En cuanto a la adaptación al estrés, el organismo produce modificaciones en tres vías relacionadas entre sí:

* **la vía aferente**, que hace que se modifiquen los receptores y las células nerviosas aferentes. Es decir, la recepción de los estímulos y la elaboración de la información recibida.

* **la vía reguladora**, formada por los procesos neuronales y humorales para dirigir las reacciones de adaptación.

En los procesos neuronales, ante la recepción de la información de la vía aferente, se movilizan los sistemas vegetativos. Su perfeccionamiento se consigue mediante la realización de muchas repeticiones (entrenamiento). El aumento de la liberación de hormonas, enzimas y mediadores, va a actuar sobre el metabolismo de los órganos y de los tejidos, provocando una mejor movilización del sistema funcional y de la capacidad de trabajo (*Platonov , 1991*).

* **la vía eferente**, que abarca los músculos esqueléticos, los aparatos circulatorio y respiratorio, etc. Es decir, la intensidad y duración de las cargas físicas sobre los organismos van a estar en función del nivel y carácter de los procesos bioquímicos en las células musculares activas y de las particularidades del sistema circulatorio a nivel muscular que suministra el oxígeno. Por tanto , ante las cargas continuadas, se producen unas modificaciones en estos sistemas que hacen que el individuo pueda soportarlas mejor (*Platonov , 1991*).

Viru (1984) plantea que los ejercicios repetidos sistemáticamente llevan a la mejoría. Tanto con actividades de alta intensidad como de larga duración, se pueden agotar las propias posibilidades de energía de la célula y la adaptación plástica, movilizand o toda la energía corporal y las reservas plásticas que se requieren.

Para esta adaptación general se produce:

1. Movilización de las reservas de energía corporal
2. Movilización de las reservas plásticas corporales
3. Movilización de los mecanismos de defensa (actividad inmunológica,...)

En el período de recuperación después de la adaptación aguda, las reservas dinámicas utilizadas para la síntesis de adaptación de los enzimas y proteínas estructurales, recuperan su capacidad funcional de la estructura celular, fuertemente activada durante la adaptación aguda.

Por tanto, esa recuperación va a venir determinada por la intensidad de los estímulos que permitirán:

- * Una mejora morfológica, debido al incremento de la masa de las estructuras celulares que activan el funcionamiento.
- * Una mejora metabólica, debido al incremento del número de moléculas de enzimas relacionadas con el esfuerzo.

Si la acción que induce a tales valores, se repite con suficiente frecuencia, se desarrolla una adaptación estable, al mismo tiempo que eleva los niveles de mejora morfológica y metabólica de las funciones celulares. Estos resultados, que son los que se buscan con el entrenamiento, aumentan los niveles de potencia funcional de las células, los órganos y en concreto del individuo.

Durante el entrenamiento, se obtienen unos incrementos en la síntesis de varias proteínas, debido a la subida del contenido proteico de los tejidos que participan en dicha actividad.

El trabajo que induce a hipertrofia en los músculos esqueléticos, está asociado con una disminución de las proteínas catabólicas y un incremento en la síntesis de nuevas proteínas (*Goldberg, Eltinger, Goldspink and Jablecki; 1975*). Con esta hipertrofia, aumenta sobre todo el contenido de las proteínas miofibrilares. Los cambios van a depender de los ejercicios utilizados.

Existen unos tipos de trabajo que afectan a unas determinadas proteínas (mioglobina, mitocondrial y del sarcoplasma) sin influir en la hipertrofia y otros que actúan más en la hipertrofia. Ambos tipos de trabajo requieren la movilización proteínica.

Estas modificaciones hacen que, cuando nosotros queremos realizar un entrenamiento de fuerza, debemos saber en que sentido queremos desarrollarla en función de los objetivos. No nos sirve cualquier tipo de entrenamiento de fuerza, puesto que dependiendo del tipo de entrenamiento realizado, el organismo se adaptará a dicha situación mediante las modificaciones pertinentes y nosotros debemos conducir dicho entrenamiento hacia las modificaciones estructurales y funcionales del organismo que nos permitan obtener el mejor rendimiento en dicha situación deportiva.

Debemos tener en cuenta que existen distintos tipos de fuerza, con mayor o menor importancia entre ellas, en función de la actividad deportiva. Así, por ejemplo, la fuerza necesaria para un corredor de fondo va dirigida principalmente a su tren inferior y la característica de dicha fuerza es fuerza-resistencia, con predominio, dentro de dichas transformaciones, de las fibras lentas y oxidativas, con poco aumento de masa muscular, sobre las fibras rápidas. Por otro lado, la fuerza que necesita desarrollar un velocista de atletismo, también va dirigida mayoritariamente al tren inferior, pero

predominando las fibras rápidas y glucolíticas para hacer frente a los esfuerzos de fuerza-velocidad, y exigiendo un gran aumento de la masa muscular de las piernas. Hay actividades deportivas que necesitan combinación de varios tipos de fuerza a la hora de conseguir un buen rendimiento y, por tanto, el tipo de entrenamiento de fuerza es distinto y variado con respecto a los dos casos anteriores.

2. SISTEMAS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA

Los sistemas de entrenamiento de fuerza se estructuran en función del tipo de fuerza que nos interesa desarrollar y los niveles de los individuos sometidos a entrenamiento (*Hegüedus, 1988; Weineck, 1988; Mano, 1991; Ehlenz, et al, 1990*). Existen muchos tipos de clasificaciones de la fuerza y nos vamos a centrar en la clasificación que nos da *Verjoshanski, (1984)* a la que aluden muchos autores de la Teoría del Entrenamiento Deportivo (*Hegüedus, 1988; Weineck, 1988; Manno, 1991; Ehlenz, et al., 1990*).

Verjoshanski (1984), plantea tres tipos de fuerza muscular:

- * Fuerza máxima
- * Fuerza rápida
- * Fuerza resistente

A su vez, plantea cuatro modos de realizar el trabajo muscular:

- * Superante
- * Cedente
- * Estático
- * Combinado

A la hora de determinar los sistemas de entrenamiento de fuerza, existen muchos factores que influirán en el tipo de fuerza desarrollada, como son: la intensidad, el volumen, la densidad de la carga, el número de sesiones semanales y el tipo de trabajo muscular realizado. También hay que tener en cuenta el efecto sumatorio de los distintos trabajos de fuerza. Además hay que considerar el nivel de los deportistas para aplicar uno u otro de los sistemas, pues se sabe que una carga de un 65% de la fuerza máxima produce un efecto mayor en un deportista principiante que en un deportista formado, el cual necesita estímulos mayores y variados para poder producir sus adaptaciones.

Los distintos autores sobre el trabajo de fuerza nos hablan de los siguientes métodos de entrenamiento de fuerza (*Hegüedus, 1988; Weineck, 1988; Mano, 1991; Ehlenz, et al, 1990*):

2.1. Entrenamiento dinámico o auxotónico: Es aquel trabajo realizado sistemáticamente que se observa externamente por el desplazamiento de la carga. Puede ser:

- Entrenamiento dinámico positivo: La fuerza aplicada es superior a la resistencia. Con este tipo de entrenamiento se mejora la fuerza y la coordinación neuromuscular.

- Entrenamiento dinámico negativo: Caracterizado por la fuerza excéntrica, en donde la carga es superior a los valores de fuerza máxima y esto hace que el músculo ceda a ella en forma de frenado.

- Forma mixta de entrenamiento dinámico positivo y negativo:

Entre estas tenemos:

- **Entrenamiento isocinético:** En donde la forma de trabajo es tanto negativa como positiva y con la particularidad de que la resistencia a vencer se adapta a la variación de la relación entre las palancas durante todo el desarrollo del movimiento.

- **Entrenamiento pliométrico:** Utiliza el reflejo de extensión muscular previamente a la contracción y de esta forma se consigue una mayor activación de fibras musculares en el momento de esta. Con este tipo de entrenamiento se consigue un gran desarrollo de la fuerza de manera específica.

2.2. Entrenamiento estático o isométrico de la fuerza: Se entiende por trabajo isométrico de la fuerza a la forma de trabajo muscular en la cual la longitud de la fibra muscular permanece constante y solamente se produce modificación en la tensión. Se le llama también trabajo estático. Debemos tener en cuenta que, desde el punto de vista físico, si no hay desplazamiento no hay trabajo, y lo que realmente ocurre en el músculo en una contracción isométrica es que la longitud total de la fibra muscular no varía pero el componente contráctil de ésta se contrae a expensas de la elongación del componente elástico en serie.

Este tipo de entrenamiento tiene poca importancia para el deporte de rendimiento (*Ehlenz, et al., 1990*) y, sin embargo, se utiliza en la mejora de fuerza en el acondicionamiento físico. Con este tipo de trabajo existe un aumento de la fuerza mayor que con el trabajo dinámico según *Hettinger*

(citado por Ehlenz, et al., 1990). La forma de trabajar es mediante empuje o sujeción con una intensidad que varía entre el 50 y el 100% de la fuerza máxima. El tiempo en el que se mantiene la tensión es de unos 6 a 8 segundos para aumentar la fuerza y hasta unos 10 minutos para mejorar la resistencia en deportes de alto rendimiento. Cada ejercicio se repite unas 6 a 20 veces y el descanso entre estos será de 1 a 2 minutos.

* Como ventajas de este método tenemos que el tiempo de trabajo es más reducido que con otros métodos y la fuerza aumenta mayoritariamente en la coordinación intramuscular. Por otro lado, la sección transversal de las fibras musculares aumenta poco.

* Como aspectos negativos podemos decir que las elevadas tensiones inciden negativamente en la capilarización del músculo y por otro lado se produce cansancio a nivel del Sistema Nervioso Central. La mejora de la fuerza se estanca relativamente temprano. El entrenamiento es monótono y aburrido.

2.3. Entrenamiento de fuerza resistencia , entrenamiento de fuerza máxima y entrenamiento de fuerza explosiva:

Dependiendo del tipo de fuerza que queremos desarrollar, el sistema de entrenamiento a emplear va a ser distinto, aunque en la fase de construcción se apliquen todos los métodos en busca de una ganancia de aquella para posteriormente utilizar los medios más específicos. Así, un velocista que requiere para mejorar su rendimiento una buena fuerza

explosiva, con un ligero componente de resistencia, trabajará en la fase de construcción la mejora de la fuerza a nivel general con uso de distintos tipos de cargas: máximas, submáximas, ligeras con fuertes contracciones, etc... Mientras que, cuando pasa a la fase de asimilación de dicha fuerza para la actividad en concreto, utilizará más ejercicios de competición en situación similar, es decir, carreras rápidas en donde la fuerza explosiva cobra mayor importancia. *(Dick, 1993; Ehlenz et al. 1990; Platonov and Bulatova, 1993; Kuznetsov, 1984).*

2.3.1. El entrenamiento de la fuerza-resistencia: Las distintas peculiaridades de los deportes hacen que el tipo de fuerza necesario esté más o menos interaccionado con la resistencia anaeróbica aláctica, láctica o aeróbica, así como el tipo de actividad muscular (gran carga o carga ligera). La fuerza resistencia va a tener gran importancia en muchas disciplinas deportivas, pero las características específicas de estas van a hacer que se trabaje distinta en cada una de ellas. Cuando se seleccionan los ejercicios para trabajar la fuerza-resistencia, hay que partir de las condiciones que se darán en la propia especialidad deportiva. Para el desarrollo de este tipo de fuerza se suele trabajar con resistencias iguales o superiores a las de la propia competición. Cuando queremos trabajarla a nivel general, se suelen usar cargas no muy grandes y con gran duración y también a veces cargas sub-máximas y hasta la fatiga. *(Dick, 1993; Ehlenz et al. 1990; Platonov and Bulatova, 1993; Kuznetsov, 1984).*

2.3.2. El entrenamiento de la fuerza máxima: El desarrollo de esta fuerza está relacionado con la intensidad del estímulo, que debe reclutar el máximo de unidades motrices, la duración de dicho estímulo y la frecuencia del reclutamiento del máximo de unidades motoras disponibles.

El sistema más clásico es el de máxima carga con una repetición, pero dicho trabajo no es válido para jóvenes que están en proceso de crecimiento para los que este tipo de cargas es perjudicial. Por otro lado en muchas disciplinas, debido al mantenimiento de la técnica deportiva, es preferible trabajar con cargas concéntricas sub-máximas (85 a 95% de su carga máxima) y con más repeticiones (2 a 5).

Otro de los métodos utilizado es el isométrico que recomienda contracciones entre el 80 y 100% del máximo, mantenidas durante períodos de 9 a 12 segundos para atletas avanzados y cargas entre el 60 y 80% del máximo, mantenidas durante 6 ó 9 segundos para atletas iniciados.

También se utiliza el sistema de cargas excéntricas con porcentajes entre los 105 y 175% de la fuerza máxima concéntrica.

Para ciertas actividades deportivas, como puede ser natación o remo, se utilizan también las máquinas isocinéticas, ofreciendo una considerable duración e intensidad máxima de contracción en situación similar a la que se dará en dichos deportes. (*Dick, 1993; Ehlenz et al. 1990; Platonov and Bulatova, 1993; Kuznetsov, 1984*).

2.3.3. El entrenamiento de la fuerza explosiva: Generalmente este tipo de fuerza se puede mejorar con el desarrollo de la fuerza máxima y la velocidad de contracciones musculares coordinadas. Hay discrepancias entre el sistema de trabajar esta, pues *Dick (1993)* plantea que se debe de hacer conjuntamente el trabajo de fuerza máxima y el de velocidad, mientras que *Verjoshanski (1990)* opina

que es mejor trabajar primeramente la fuerza máxima y posteriormente la velocidad. Se plantea que los ejercicios de fuerza explosiva que se han de realizar deben ser específicos de las disciplinas deportivas y sin forzar la máxima fatiga. El método de contraste (alternar cargas ligeras con cargas pesadas) es considerado como importante para este tipo de entrenamiento, así como el método pliométrico (extensión muscular previa a la contracción) *Platonov y Bulatova, (1993)*.

3. EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EN ADOLESCENTES:

Tal como plantea *Ehlenz y otros (1990)*, en la fase puberal del desarrollo juvenil, existen unas mejores condiciones biológicas para el desarrollo muscular, puesto que hay un aumento de las secreciones andrógenas que implica numerosas respuestas orgánicas (*Lambert., 1993*) y entre ellas está la aceleración en el crecimiento de los músculos debido al efecto anabolizante. También hacen hincapié en el efecto negativo que puede ocasionar un fuerte desarrollo muscular en estas edades, sobre el sistema esquelético, en el que se produce una nueva reestructuración ósea. Existía la creencia de que los niños prepuberales no podían mejorar su fuerza por no poseer altos niveles de andrógenos circulando en su sangre, lo que sí se producía en la pubertad, edad en la que se recomendaba comenzar el trabajo de fuerza. Actualmente se ha visto (por diversos estudios), tal como indica *Siegel, (1988)*, que en estas primeras edades se puede trabajar la fuerza y la mejora que consiguen estos individuos es a nivel de coordinación intramuscular. En lo que se refiere a la adolescencia (14 a 17 años) se puede plantear un trabajo general de fuerza, teniendo en cuenta que aún está en

proceso de desarrollo, aunque no tan marcado como en la fase puberal y existe un alto nivel de hormonas anabólicas circulando, que favorecerán el aumento de la sección transversal del músculo.

Por ello *Ehlenz y otros (1990)* hablan de entrenar la fuerza en estas edades, prescindiendo del trabajo con cargas máximas (100% del máximo de fuerza dinámica concéntrica) y utilizando cargas del 85% con 3 repeticiones como más elevadas y cargas de menor intensidad y mayor número de repeticiones, en busca de un entrenamiento muscular constructivo. Con respecto a la fuerza explosiva plantean trabajarla pero dosificándola cuidadosamente en la edad puberal y más fuertemente en la fase adolescente. Y en lo que se refiere a la fuerza-resistencia, se comienza a trabajar cuidadosamente hacia final de la fase puberal y en la fase de adolescencia.

Un aspecto tenido en cuenta por todos los autores, cuando hablan de entrenamiento de fuerza, tanto con adolescentes como con adultos, es el tiempo de recuperación que hay que dar después de aplicar cargas de trabajo, para que dé tiempo a recuperarse al organismo y producir los efectos de mejora buscados (*Dick,, 1993; Platonov, 1991; Mano, 1991; Weineck, 1988; Lambert, 1993; Verjoshanski, 1990*). La capacidad de recuperación es mayor según va creciendo y mejorando la forma física del individuo. De todos modos, es importante controlar las cargas y las recuperaciones de los deportistas para poder conseguir las adaptaciones y no llegar al agotamiento máximo (del deportista) que nos llevaría a parar las sesiones de trabajo (*Platonov, 1991; Dick, 1993*).

Entre los distintos métodos aplicados para mejorar la fuerza se utilizan con más asiduidad los circuitos en jóvenes deportistas e iniciados (*Scholich, 1989; Ehlenz et al., 1990; Platonov, 1988; Manno, 1991*). La utilización del sistema de circuitos con los jóvenes, es por su facilidad para poder trabajar

con cargas no muy elevadas y alternar los distintos ejercicios dirigidos a los diferentes grupos musculares, dando tiempo a su recuperación parcial, pudiendo también incidir en uno u otro tipo de fuerza (fuerza-resistencia, fuerza explosiva o fuerza máxima) en función de la distribución y selección de los ejercicios a aplicar. Igualmente, este método es cómodo de utilizar cuando se dispone de poco material y un gran número de sujetos (*Scholich, 1989*).

Entre los diversos tipos de circuitos que *Scholich (1989)* plantea para trabajar, dependiendo de los objetivos buscados y los niveles de los ejecutantes, se utilizará uno u otro modelo con más asiduidad. Así, con adolescentes no dedicados a alta competición, un método extensivo de intervalo va a mejorar la fuerza-resistencia, la fuerza rápida resistencia y en parte las capacidades de la fuerza máxima. Con el método intensivo de intervalos se va a obtener un aumento de la fuerza rápida y de la fuerza-resistencia. Con el método de repeticiones se conseguirá mejorar la fuerza máxima, la capacidad de fuerza rápida y la capacidad de fuerza rápida resistida. Hay que tener en cuenta con este método de repeticiones no trabajar con cargas máximas de una repetición en estas edades.

Ramsay, Cameron, Blimkie, Smith, Garner, MacDougall and Sale (1989) mejoraron la fuerza de un grupo de preadolescentes (9 a 11 años) sometidos a entrenamiento de fuerza con cargas no muy elevadas (70 - 75% de la carga máxima en la 1ª fase y 80 - 85% en la 2ª) durante 20 semanas (tres veces por semana). Atribuyen dicha mejoría a una tendencia hacia los incrementos en la activación de las unidades motrices implicadas, la mejora de la coordinación motora y otras adaptaciones neurológicas indeterminadas y generales del entrenamiento. Con mujeres adultas, *Häkkinen et al. (1990)* también consiguieron mejoría de la fuerza, tras un entrenamiento de 16 semanas (3 veces por semana) dirigido a la mejora de fuerza explosiva, con la inclusión de trabajo con cargas entre el 40 y 80% de la fuerza máxima

durante los tres últimos meses. El tipo de entrenamiento específico ha servido para producir mejoras principalmente en las características de fuerza explosiva y potencia, consiguiéndose menores progresos en la fuerza máxima. Observan grandes mejoras en la activación neuronal de los músculos entrenados. *Alén et al. (1988)* constatan la mejora de la fuerza muscular isométrica tras 24 semanas de entrenamiento de fuerza con hombres adultos que realizan ejercicios con halteras y multisaltos. El entrenamiento es progresivo en volumen e intensidad, controlando el sobreentrenamiento y las lesiones. Estos autores, plantean que la mayor mejoría presentada en la primera parte del entrenamiento, es debida a adaptaciones neuronales y musculares.



CAPÍTULO 5

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1. OBJETIVOS:

Con el entrenamiento de fuerza se producen unos requerimientos orgánicos superiores a los de situaciones normales o sedentarias, lo que obliga a movilizar las hormonas con la misión de llevar al organismo al equilibrio interno que tenía con anterioridad al estrés producido por el ejercicio de fuerza y a prepararlo para soportar mejor los efectos de posteriores esfuerzos que exijan requerimientos de fuerza.

Por otro lado, sabemos que en la pubertad se producen muchos cambios de tipo fisiológico, morfológico y de carácter psicológico, implicando entre otros aspectos incrementos en los esteroides adrenales, seguidos de aumento de la actividad de las gonadotropinas y por tanto de los esteroides sexuales (*Buchanan et al., 1992*). Si a estas edades añadimos un entrenamiento intenso, se facilita el desarrollo muscular siempre que se utilicen las cargas apropiadas (*Ehlenz et al., 1990; Lambert, 1993*), puesto que éstas también producen alteraciones en las secreciones hormonales, tal como se ha podido ver en trabajos realizados con mujeres (*Sutton et al., 1988; Bonen, A., Ling, K., MacIntyre, R., Neil, J., McGrail and Belcastro, 1979; Brisson, G., Volle, M., Desharnais, M., Dion, M. and Tanaka, M., 1977; Hale et al., 1983; Rouland et al., 1987; Leheup et al., 1989; Malina, 1993*) en donde los ciclos menstruales sufren retrasos o incluso amenorrea de manera temporal, puesto que al dejar de realizar dichos entrenamientos, vuelven a la normalidad.

Hay que resaltar, sin embargo, que son pocos los datos existentes sobre las variaciones hormonales sufridas por los adolescentes sometidos a entrenamiento. La mayoría de los estudios están realizados con jóvenes cuyas edades son posteriores a la adolescencia, a pesar del uso de entrenamientos específicos con individuos en edades más tempranas. Esto hace que se ponga en peligro la formación deportiva a largo plazo si no se controla científicamente los efectos producidos por las fuertes cargas del entrenamiento aplicados sobre ellos (*Ehlenz et al. 1993*).

Por ello hemos creído conveniente la necesidad de seleccionar las cargas de trabajo en función de la capacidad del individuo y distribuyéndolas en el tiempo para evitar el sobreentrenamiento o un deficiente entrenamiento al no considerar los idóneos procesos de regeneración del organismo. Así mismo, elegimos cargas de fuerza por la importancia que juega sobre la hipertrofia muscular, la cual se consigue mediante entrenamientos con cargas superiores al 75% de la fuerza máxima y repetidas el mayor número de veces posible (*Hauptmann et al., 1987*). Hay que tener en cuenta que las primeras mejoras de fuerza se relacionan con el aspecto coordinativo más que con la hipertrofia (*McArdle et al., 1990*).

La población elegida para el estudio es seleccionada en un Centro de Enseñanza Secundaria, teniendo en cuenta que ambos grupos de investigación (el grupo control y el experimental) estarán formados por alumnos de ambos sexos y con distintos niveles de participación deportiva en su vida normal, como corresponde por lo general a individuos de estas edades.

En función de todo ello, nos planteamos los siguientes objetivos:

1. Comprobar la mejoría de la fuerza en los adolescentes, tras la aplicación de un entrenamiento en circuito con una selección de

cargas cuya intensidad no sobrepase el 85% de la carga máxima y con un número de repeticiones idóneo para estas edades, tal como plantean diversos autores (*Ehlenz et al., 1990; Dick, 1993; Platonov, 1991; Manno, 1991; Weineck, 1988; Lambert, 1993; Verjoshanski, 1990*). Para ello nos interesa comprobar si dos sesiones semanales de 1 hora de entrenamiento son suficientes para mejorar la fuerza en estas edades y niveles y también el efecto de la partición de los 4 meses de entrenamiento en dos períodos con la inclusión de 3 semanas intermedias de descanso entre ellos con la posterior modificación del circuito en el segundo período.

2. Ver la relación existente entre el entrenamiento de fuerza, los niveles hormonales (testosterona y cortisol) y los estados de ánimo (tensión-ansiedad; depresión-melancolía; cólera-hostilidad; vigor-actividad; fatiga-inercia y confusión-desorientación).

3. Comprobar los efectos del entrenamiento de fuerza en adolescentes y su relación con los cambios sufridos en la ratio T/C.

2. HIPÓTESIS:

En relación con los objetivos previos y lo expuesto en capítulos anteriores, hemos partido de las siguientes hipótesis:

2.1. Efectos del entrenamiento en circuito sobre la fuerza en los adolescentes

Tal como plantean distintos autores sobre entrenamiento en adolescentes, uno de los métodos más utilizados para buscar el

desarrollo de la fuerza de los jóvenes deportistas y de los noveles son los circuitos (*Scholich, 1989; Ehlenz et al., 1990; Platonov, 1991; Manno, 1991*). La elección de este método es por su facilidad para trabajar con cargas no muy elevadas, el uso de ejercicios que implican a distintos grupos musculares y el aspecto motivante derivado de la variedad de sus ejercicios. Como la duración del entrenamiento será de 4 meses, se modificarán los ejercicios a mitad de entrenamiento, para evitar una pérdida de motivación, a la vez que se aumenta la intensidad del trabajo en las sucesivas sesiones con el incremento de repeticiones de los ejercicios en el mismo tiempo de ejecución. Por todo ello, esperamos que se produzca un aumento de la fuerza en el grupo que realiza el entrenamiento al igual que sucede en el trabajo de *Hickson et al., 1994*, tanto en hombres como en mujeres, pudiendo ser más evidente en los que parten con un nivel más bajo, puesto que el margen de mejora es mayor. También esperamos que en el segundo período del entrenamiento se siga mejorando el nivel de fuerza y no se estanque, en función de las variaciones introducidas en el segundo circuito y manteniendo el incremento de intensidad del trabajo, con el aumento de repeticiones en cada ejercicio.

2.2. Respuesta hormonal específica al entrenamiento de fuerza

La respuesta de la testosterona y el cortisol al entrenamiento, ha sido estudiada en una serie de trabajos, aunque se constata una cierta dificultad para compararlos entre sí, debido a los distintos niveles y actividades aplicadas, así como a los períodos de medición de los niveles hormonales.

Así se constata que los niveles de testosterona ante un gran volumen de entrenamiento semanal disminuye notablemente (*Wheeler*

et al., 1984), al igual que ante períodos de entrenamiento deportivo (*Grandi et al., 1988*) o ante fuerte entrenamiento y poca recuperación (*Steinacker et al., 1993*) o intenso entrenamiento de fuerza (*Busso et al. 1992; Häkkinen et al., 1987; Häkkinen et al., 1988*), mientras que otros autores plantean, tras el estudio llevado a efecto, que los niveles de testosterona aumentan con posterioridad a un cierto período de entrenamiento (*Rowland et al., 1987; Seidman et al., 1990*) o incluso que permanece invariable en períodos de reposo dentro del entrenamiento, cuando la intensidad de este es reducida (*Häkkinen et al., 1987*). En otro estudio se ha comprobado que los deportistas mejor preparados tienen niveles basales de testosterona más bajos que los peor preparados (*Grandi et al., 1988*).

A nivel del cortisol, se constata en los distintos estudios analizados que ante unas actividades de fuerte intensidad aumentan los niveles en relación a su estado basal (*Häkkinen et al., 1987; Tegelman et al., 1988; Seidman et al., 1990; Tsai et al. 1991; Steinacker et al., 1993*), como resultado de la actividad catabólica. Por contra, disminuye ante entrenamiento intenso con poco descanso y mala alimentación (*Opstad, 1992b*). Igualmente se constata que los deportistas con mejor nivel deportivo y físico tienen más cortisol a nivel basal en suero que los de un nivel inferior o los no deportistas (*Snegovskaya et al., 1993; Tegelman et al., 1990*).

En adolescentes, hay pocos datos y de ellos podemos concluir que los niveles de testosterona aumentan después de 4 semanas de entrenamiento de resistencia y no hay cambios significativos tras 8 semanas de dicho entrenamiento (*Rowland et al., 1987*), mientras que los niveles de cortisol solo los podemos ver en el trabajo de *Rich et al., 1992* con gimnastas prepuberales (edad media 10 años y 11 meses) en los cuales no se producen modificaciones significativas.

Partiendo de la hipótesis de que la carga de entrenamiento de fuerza aplicada a los individuos es lo suficientemente intensa para que les produzca adaptación y en función de lo observado en los trabajos previos, esperamos encontrar:

1°. No cambios o ligeros incrementos de los niveles basales de testosterona, derivados de la intensidad del entrenamiento, como consecuencia de ir aumentando paulatinamente las cargas en función de su adaptación a éstas.

2°. Incremento de los niveles de cortisol como consecuencia del entrenamiento llevado a efecto con los adolescentes.

3°. No diferencias significativas en la respuesta de estas hormonas en función del sexo, aunque las mujeres presentan menores niveles de testosterona y probablemente mayor variabilidad.

4°. Estas predicciones pueden ser diferentes según el período de aplicación del programa.

2.3. Respuesta de la ratio testosterona/cortisol al entrenamiento

Se plantea como índice utilizado para diagnosticar el sobreentrenamiento, cuando su criterio absoluto baja de $0.35 \cdot 10^{-3}$ (Vervoorn et al., 1991) y como índice indicativo de recuperación incompleta temporal como consecuencia de un entrenamiento intensivo cuando baja un 30% de sus valores basales (Adlercreurtz et al., 1986; Härkönen et al. 1984; Vervoorn et al., 1991; Banfi et al., 1993; Marinelli et al., 1994).

En función de estos datos podemos plantear la hipótesis de que el entrenamiento de fuerza no producirá una significativa disminución de la ratio T/C del grupo que participa en el circuito en relación con el grupo que no participa en dicha actividad, debido al escaso número de sesiones semanales (2) que permiten una recuperación completa entre ellas. No esperamos que se produzca un sobreentrenamiento que llegue al criterio absoluto y por tanto a la necesidad de paralizar el entrenamiento, aunque sí creemos que puede disminuir transitoriamente la ratio, llegando incluso al criterio relativo.

2.4. Estados de ánimo en relación al entrenamiento

Para distintos autores, la práctica deportiva influye para que el factor vigor sea mayor que en los individuos sedentarios, tanto en hombres como en mujeres (*Balaguer et al., 1993; Morgan et al., 1977; Gondola et al., 1982; Berger et al., 1983; McGowan et al., 1988*). Por otro lado, ante situaciones de sobreentrenamiento, se producirán en el deportista, alteraciones en las subescalas de tensión, depresión, cólera, vigor, fatiga y en el total (*O'Connor et al., 1989; Morgan, 1979; Morgan, 1980; Morgan et al., 1987; Morgan et al., 1988; Riddik, 1984*). Sin embargo para otros autores, solamente hay diferencias significativas en el total del POMS cuando el volumen de entrenamiento era fuerte entre dichas mediciones (*Pérez et al, 1993*).

Teniendo en cuenta que dos sesiones semanales de entrenamiento de una hora, no van a producir grandes alteraciones en función de su volumen, pensamos que no habrá variaciones significativas y de darse, pueden deberse a otros factores externos a

las propias sesiones de trabajo (exámenes, situaciones personales, etc...). La introducción de un período de descanso de 3 semanas influirá para que no aparezcan incrementos en las escalas negativas, pudiendo aparecer incrementos en el vigor por el entrenamiento.

CAPÍTULO 6

MATERIAL Y MÉTODO

MATERIAL Y MÉTODO

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

1.1. CONVOCATORIA Y SELECCIÓN

Para seleccionar el grupo de sujetos, se pasó un cuestionario personal a 240 alumnos del Instituto de Bachillerato Ramón Llull de Valencia de los cursos 1º y 2º de BUP cuyas edades están comprendidas normalmente entre los 14 y 15 años. Algunos tienen 13 pero cumplen los 14 antes del 1 de enero de 1993. Un reducido número de alumnos tienen 16 ó 17 años por ir retrasados en sus estudios.

Antes de proceder a su cumplimentación, se les explicó que su finalidad era seleccionar voluntarios para llevar a efecto un trabajo de fuerza. En los casos necesarios, se clarificaron las cuestiones planteadas.

El cuestionario constaba de tres bloques de items :

Bloque 1.- Datos personales, como edad, peso, talla, etc...

Bloque 2.- Tipo y cantidad de actividad deportiva que realizan normalmente.

Bloque 3.- Adscripción voluntaria al grupo control o al experimental.

Puesto que la participación iba a ser de tipo **voluntario**, se incidió, a los alumnos interesados, sobre la importancia de la asistencia, tanto a sesiones de entrenamiento como de realización de tests. Además, para facilitar la decisión de estos alumnos, se les informó de las fechas y horarios de participación de cada uno de los grupos (experimental y control), así como del lugar de entrenamiento y toma de datos (el gimnasio del instituto). Se concedió un día de plazo para que confirmaran su participación aquellos alumnos que necesitaban consultar previamente con sus padres.

Como contrapartida, se les informó que todos los participantes recibirían la información de los resultados del trabajo una vez concluido, y los participantes en el grupo experimental (GE), recibirían además la gratuidad del entrenamiento.

A partir de las encuestas se hizo la **1ª selección**, integrada por 35 alumnos, 18 de los cuales (13 hombres y 5 mujeres) formaban el grupo experimental y 17 (12 hombres y 5 mujeres) el grupo control.

Tras la selección, se les citó a una reunión informativa sobre el funcionamiento a seguir durante todo el proceso de la investigación, en donde se les entregó un impreso con los horarios definitivos de las sesiones de entrenamiento y de los tests. Así mismo, firmaron un consentimiento de participación en dicho trabajo, comprometiéndose a asistir a todas las sesiones y pruebas a realizar por su grupo correspondiente.

1.2. MUESTRA DEFINITIVA

Debemos indicar que de los 35 alumnos seleccionados inicialmente, 8 de ellos se retiraron en sucesivas fechas, lo cual hizo que se quedara con un grupo de 27 sujetos (tabla 6.1).

	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
GE	7	6	13
GC	10	4	14

TABLA 6.1. COMPONENTES DEL GE Y DEL GC

Los datos generales de los grupos se presentan en las tablas 6.2 y 6.3.

SEXO	Nº	EDAD	PESO	TALLA	HACE DEPORTE
M U J E R	7	15	53	160	NO
	8	14	48	149	NO
	19	13	48	164	SI. +
	29	15	54	167	SI. + + +
	30	14	58	171	SI. + + +
	31	15	56	165	SI. + + +
H O M B R E	4	14	42	167	NO
	5	15	59	171	SI. +
	14	16	60	175	NO
	17	13	45	160	NO
	20	15	49	174	NO
	25	15	84	184	SI. + + +
	35	15	67	172	NO

TABLA 6.2. DATOS GENERALES DE LOS COMPONENTES DEL GE.. (SI + :Hacen poco deporte -entre 1 y 3 veces por semana. SI + + + : Hacen mucho deporte -más de 3 veces por semana-).

SEXO	N°	EDAD	PESO	TALLA	HACE DEPORTE
M U J ER	1	14	58	182	NO
	18	16	52	182	SI. +
	27	15	53	160	SI. + + +
	28	15	58	170	SI. + + +
H O M B R E	2	15	55	168	NO
	3	15	62	180	NO
	13	13	40	155	NO
	21	15	63	173	SI. + + +
	22	15	63	179	SI. + + +
	23	15	65	175	SI. + + +
	24	15	60	173	SI. + + +
	26	14	64	173	NO
34	15	58	169	SI. + + +	

TABLA 6.3. DATOS GENERALES DE LOS COMPONENTES DEL GC. (SI + :Hacen poco deporte -entre 1 y 3 veces por semana. SI + + + : Hacen mucho deporte -más de 3 veces por semana-).

Las descriptivas de los distintos grupos aparecen en las tablas 6.4. y 6.5.:

HOMBRES		PESO	TALLA	EDAD
GE N= 7	Media	58	171.857	14.714
	DS	14.537	7.381	0.951
	Rango	42-84	160-184	13-16
GC N=9	Media	58.889	171.444	14.667
	DS	7.753	7.552	0.707
	Rango	40-65	155-180	13-15

TABLA 6.4. DESCRIPTIVAS DE LOS GRUPOS EXPERIMENTAL Y CONTROL DE HOMBRES.

MUJERES		PESO	TALLA	EDAD
GE N= 6	Media	52.833	162.667	14.333
	DS	4.119	7.607	0.816
	Rango	48-58	149-171	13-15
GC N= 4	Media	54.750	163.500	15.000
	DS	2.754	4.435	0.816
	Rango	52-58	160-170	14-16

TABLA 6.5. DESCRIPTIVAS DE LOS GRUPOS EXPERIMENTAL Y CONTROL DE MUJERES.

Una vez determinados los grupos, comprobamos que no existieran diferencias significativas entre ellos en los datos generales utilizando las pruebas t de Student (tabla 6.6.)

VARIABLES	GE	GC	T	P
EDAD	14.5385 (±0.8770)	14.9286 (±0.9168)	0.270069	n.s.
PESO	55.6154 (±10.9509)	58.1429 (±6.8033)	0.474406	n.s.
TALLA	167.615 (±8.6075)	165.571 (±8.4645)	0.539658	n.s.

TABLA 6.6. PRUEBAS t DE STUDENT ENTRE EL GE Y EL GC

Otro de los datos que hemos tomado es la dedicación a la práctica deportiva por parte de los alumnos. En la tabla 6.7., podemos ver como se distribuyen con arreglo a los siguientes criterios :

* No hacen deporte: Engloba a aquellos que solamente realizan las clases de Educación Física y en caso de formar parte del GE, las dos sesiones semanales de ésta.

* Hacen poco deporte: Agrupamos a los alumnos que dedican hasta 3 días por semana a un entrenamiento de mantenimiento o de ocio, sin estar implicado en deportes de rendimiento.

* Hacen mucho deporte: Aquí se encuentran los alumnos que forman parte de algún equipo deportivo que compite y tienen establecidos al menos 3 días a la semana de entrenamiento y el correspondiente partido.

	NO HACE DEPORTE			HACE POCO DEPORTE			HACE MUCHO DEPORTE		
	♂	♀	TO	♂	♀	TO	♂	♀	TO
GE	5	2	7	1	1	2	1	3	4
GC	4	1	5	0	1	1	6	2	8

TABLA 6.7. ACTIVIDAD DEPORTIVA DE LOS COMPONENTES DEL GE Y DEL GC

Una vez determinados los sujetos de ambos grupos, pasamos a desarrollar el programa de trabajo de la fuerza a seguir con el grupo experimental.

2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se trata de un estudio comparativo entre dos grupos de adolescentes de ambos sexos, en donde un grupo (GE) está sometido a un proceso de entrenamiento de fuerza durante cuatro meses, organizado en dos períodos de 50 y 60 días respectivamente, con un intervalo de descanso entre ambos (coincidente con las vacaciones de navidad) de 20 días. Realizan controles de fuerza al comenzar y acabar el primer período de entrenamiento y al finalizar el segundo, en sesiones llevadas a cabo en el mismo horario de entrenamiento (19.00 a 20.00 horas) y se les toma muestras de saliva (para el posterior análisis hormonal) junto con la realización de tests de estados de ánimo y personales al comienzo, mitad y final de cada período de entrenamiento y siempre en el mismo horario (miércoles a las 12.30 horas) con intervalos de tiempo superiores a las 36 horas entre estos y la anterior sesión de entrenamiento de fuerza. El otro grupo (GC) solamente realiza las mediciones de fuerza y los tests en las mismas fechas y horarios que el grupo experimental.

Hemos seleccionado los miércoles a las 12.30 para pasar los tests, debido a que acaban sus clases a las 12.15 y tienen más tiempo disponible para ello que cualquier otro día de la semana que finalizan a las 14.00 horas.

El calendario programado para realizar las actividades y mediciones se presenta en la figura 6.1.:

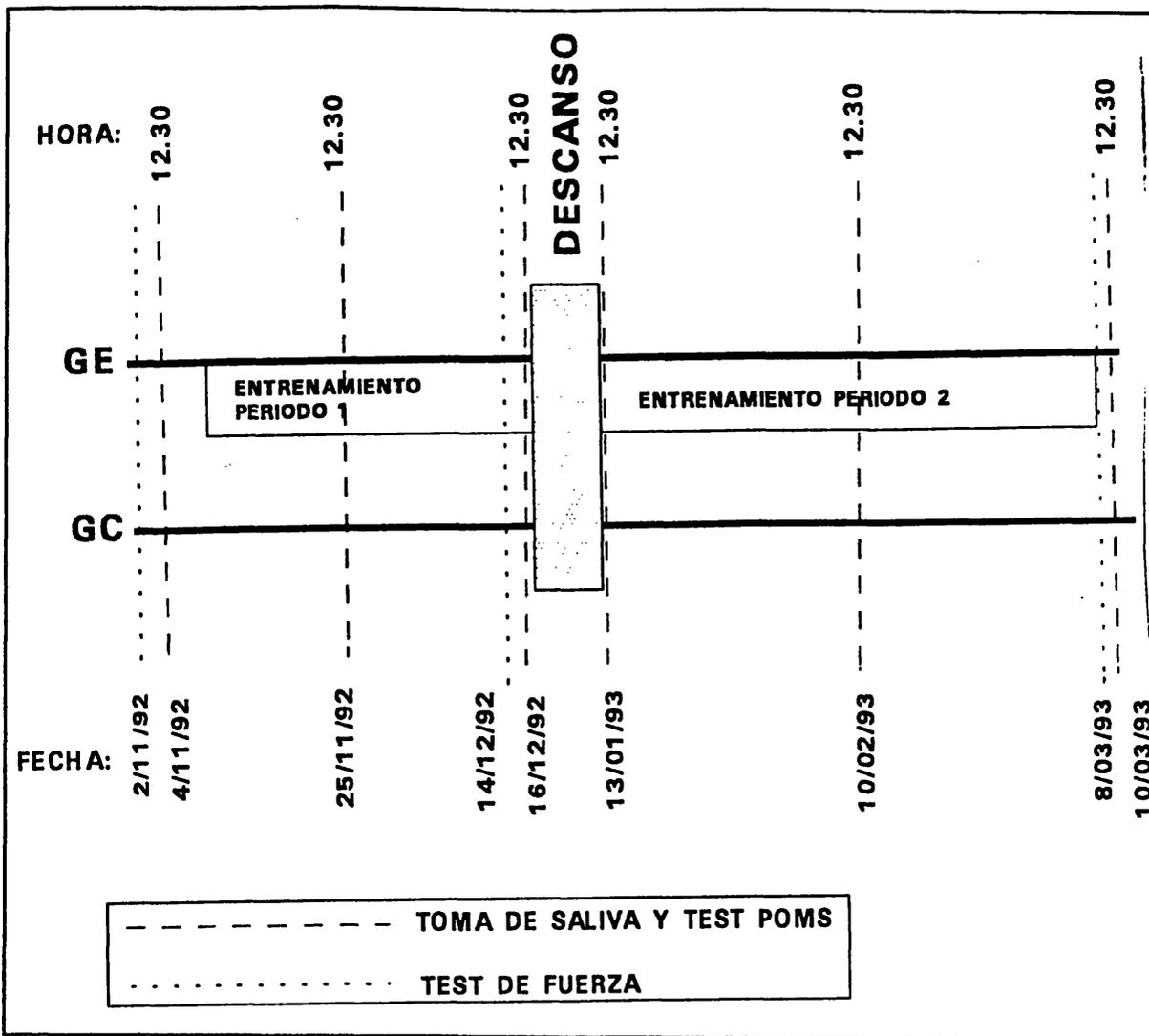


FIGURA 6.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

En definitiva, el tiempo total del trabajo con los sujetos fué desde el 2 de Noviembre hasta el 10 de Marzo, con un intervalo de dos semanas de descanso a mitad (del 22 de Diciembre al el 7 de Enero) coincidente con el período de vacaciones escolares de Navidad que dejó el estudio de la siguiente forma:

Período 1, del 02/11/92 al 22/12/92

nº de sesiones: 16

- dedicadas a entrenamiento: 11
- dedicadas a test de fuerza: 2
- dedicadas a test personal y POMS: 3

Intérvalo de descanso, del 16/12/92 al 11/01/93

Tres semanas cuya actividad fué la normal para todos los alumnos, e incluso menor, debido a parones en entrenamiento de algunos de los componentes que realizan actividades deportivas extraescolares.

Período 2, del 07/01/93 al 10/03/93

nº de sesiones: 19

- dedicadas a entrenamiento: 14
- dedicadas a test de fuerza: 1
- dedicadas a test personal y POMS: 3
- dedicadas a cuestionario de Buss y Durkee, Escala de Olweus y cuestionario EPQ-A: 1

Entre las observaciones a tener en cuenta, podemos decir que tuvimos que adelantar una semana el final de la investigación, motivado por la organización durante la segunda semana de marzo (que teníamos programada para pasar los tests y toma de saliva), de diversas actividades

en el centro de estudios de los alumnos, lo que les impediría participar en nuestra investigación. También debemos indicar que el entrenamiento se realizaba los lunes y miércoles de 19.00 a 20.00 horas, utilizando para ello el gimnasio del Instituto de Bachillerato Ramón Llull de Valencia por ser el lugar de estudios de todos los sujetos, lo que por un lado favoreció la asistencia y por otro nos obligó a diseñar ejercicios partiendo del material disponible.

A pesar de la insistencia realizada a los alumnos sobre la necesidad de participar en las sesiones de fuerza y los tests, hemos tenido diversas ausencias tal como se puede apreciar en la tabla 6.8., debido a exámenes, enfermedades u otras causas personales. Con estos datos, podemos indicar que la media participativa en las sesiones del 1º circuito es de 9.38 sobre un total de 11 sesiones, lo que indica una participación del 85.27% y en el 2º circuito la media de participación fué de 11.69 sobre un total de 14 sesiones, lo que equivale a un 83.5%.

ALUMNO	ASISTENCIAS		ALUMNO	ASISTENCIAS	
	1º CIRCUITO	2º CIRCUITO		1º CIRCUITO	2º CIRCUITO
4.	7	12	20.	10	14
5.	7	9	25.	11	9
7.	7	10	29.	11	14
8.	9	12	30.	11	13
14.	10	10	31.	11	14
17.	9	9	35.	10	12
19.	9	14			

TABLA 6.8. PARTICIPACIÓN DE LOS ALUMNOS EN LAS SESIONES DE LOS PERÍODOS 1 Y 2.

Podemos ver el desarrollo más detallado del período 1 en la tabla 6.9 y del período 2 en la tabla 6.10.

PERÍODO 1

Nº SESION	FECHA-S	ACTIVIDAD A REALIZAR
1ª	2-11-92	TEST DE FUERZA A GE y GC
2ª	4-11-92	TEST POMS, TEST PERSONAL Y 1ª TOMA DE MUESTRA DE SALIVA A GE y GC
3ª a 8ª	4,9,11,16,18, 23 del 11-92	SESION DE FUERZA CON 1º CIRCUITO A GE
9ª	25-11-92	TEST POMS, TEST PERSONAL Y 2ª TOMA DE MUESTRAS DE SALIVA A GE y GC Y SESION FUERZA CON 1º CIRCUITO A GE
10ª a 14ª	25, 30-11-92 y 2,7,9-12-92	SESION DE FUERZA CON 1º CIRCUITO A GE
15ª	14-12-92	TEST DE FUERZA A GE y GC
16ª	16-12-92	TEST POMS, TEST PERSONAL Y 3ª TOMA DE MUESTRA DE SALIVA A GE y GC

TABLA 6.9. SESIONES, FECHAS Y ACTIVIDADES A REALIZAR EN EL PRIMER PERÍODO.

PERÍODO 2

Nº SESION	FECHA-S	ACTIVIDAD A REALIZAR
17ª	11-1-93	SESION DE FUERZA CON 2º CIRCUITO A GE.
18ª	13-1-93	TEST POMS, TEST PERSONAL Y 4ª TOMA DE MUESTRA DE SALIVA A GE y GC
19ª a 26ª	13, 18, 20, 25, 27-1-93 1,3,8-2-93	SESION DE FUERZA CON 2º CIRCUITO A GE
27ª	10-2-93	TEST POMS, TEST PERSONAL Y 5ª TOMA DE MUESTRA DE SALIVA, CUESTIONARIO ANSIEDAD ESTADO-RASGO A GE y GC
28ª a 31ª	10, 15,17,22- 2-93	SESION DE FUERZA CON 2º CIRCUITO A GE
32ª	24-2-93	CUESTIONARIO DE BUSS Y DURKEE, ESCALA DE OLWEUS , CUESTIONARIO EPQ-A A GE y GC,
33ª	24-2-93	SESION DE FUERZA CON 2º CIRCUITO A GE
34ª	1-3-93	TEST DE FUERZA A GE y GC
35ª	3-3-93	TEST POMS, TEST PERSONAL Y 6ª TOMA DE MUESTRA DE SALIVA A GE y GC

TABLA 6.10. SESIONES, FECHAS Y ACTIVIDADES A REALIZAR EN EL SEGUNDO PERÍODO.

3. MÉTODO DE ENTRENAMIENTO

Hemos tenido en cuenta los estudios sobre las adaptaciones del organismo (*Platonov, 1991; Verjoshanski, 1990; Viru, 1992*), partiendo de la distribución del entrenamiento en dos sesiones semanales de una hora cada una, considerándolas como válidas para utilizar con adolescentes y conseguir la mejora de la fuerza (*Matveiev, 1983; Platonov, 1988; Manno, 1991; Hahn-E, 1988*). Lo ideal sería tres sesiones semanales, pero la mayoría de alumnos tienen otro tipo de actividades extra-académicas, por lo que hemos optado por las dos sesiones semanales, separadas entre sí por un mínimo de 48 horas que permitan aprovechar mejor los efectos de la adaptación del trabajo de fuerza. y a su vez poder contar con un mayor número de alumnos en el grupo experimental.

Decididas las dos sesiones semanales de entrenamiento, se confeccionó el calendario a seguir durante los dos periodos de trabajo, condicionados por el periodo vacacional de los alumnos y se seleccionó el método y los medios más adecuados para conseguir las modificaciones en la fuerza de todos los alumnos sometidos al entrenamiento, en función no solamente del número de sesiones semanales, sino también de la duración de todo el trabajo de fuerza, los niveles de los sujetos, la edad, el sexo y las instalaciones disponibles.

3.1. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE ENTRENAMIENTO

Para no producir lesiones o efectos negativos en la fuerza, hemos elegido el sistema de trabajo en CIRCUITO (*Scholich, 1989*), cuya característica es seleccionar varios ejercicios dirigidos a distintos grupos musculares en el caso de un circuito específico de fuerza o a distintas cualidades (fuerza, velocidad, flexibilidad, resistencia) en el caso de un circuito de mejora de acondicionamiento físico. Como lo que nos interesaba

era el desarrollo de fuerza, se optó por seleccionar 8 ejercicios dirigidos a distintos grupos musculares. Estos ejercicios se eligieron con la intención de que implicaran grandes grupos musculares, y fueron ordenados de manera que no estuvieran seguidos dos ejercicios con los mismos efectos, con el fin de evitar la fatiga acumulada en la misma zona, dar tiempo a recuperarse y aumentar la efectividad del trabajo. Debemos señalar que cada circuito se repetía 3 veces por cada sesión, con un período de descanso entre circuito de unos 4-5 minutos.

Existen muchos métodos para aplicar los circuitos (*Scholich, 1989*) y por ello, a la hora de la selección, no solamente se tuvo en cuenta los aspectos efectivos de las cargas, es decir, el volumen, la intensidad y la densidad, sino también el aspecto metodológico partiendo del número de sujetos a trabajar, el material disponible, el nivel de cada uno de ellos, el número de sesiones semanales y su situación dentro de la semana para poder aprovechar los efectos adaptativos al esfuerzo de forma sumativa y producir la mejora en la fuerza (*Platonov, 1991*).

Hemos tenido en cuenta el principio de la variabilidad en el entrenamiento (*Matveiev, 1983; Platonov, 1988; Manno, 1991*) a la hora de organizar el circuito y por ello cambiamos la mayoría de los ejercicios en la aplicación del segundo circuito, intentando mantener la intensidad de trabajo, teniendo en cuenta las mejoras experimentadas por los alumnos. Esto hizo que seleccionásemos unos ejercicios más intensos que los primeros.

Como nuestro objetivo era la mejora de la fuerza en los sujetos, y partiendo de que a su edad y nivel no es beneficioso trabajar con cargas de intensidad máxima (levantar 1 vez la máxima carga posible = 100%) o cargas submáximas (90-95%) (*Cometti, 1988; Hauptmann et al., 1987; Platonov, 1988; Manno, 1991*), se seleccionó dentro de los métodos de

trabajo en CIRCUITO que cita *Scholich, (1989)* el método extensivo de intervalos, próximo al intensivo (tabla 6.11).

Una vez diseñado el circuito, interesaba que los alumnos pudieran llevar un control de su propio progreso como factor motivante del trabajo, por lo que hicimos una ficha personal para cada sujeto en la que anotaban el número de repeticiones de cada ejercicio en los circuitos, pudiendo así llevar un seguimiento de su propio progreso.

INTENSIDAD DE LAS CARGAS	70-80% de la carga máxima
VOLUMEN DE LAS CARGAS	Máximo nº de repeticiones en 45 seg.
RECUPERACIÓN ENTRE EJERCICIOS	45 segundos
Nº DE SERIES POR SESIÓN	3 series
TIEMPO DE RECUPERACIÓN ENTRE SERIES	5 minutos

TABLA 6.11. CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO EXTENSIVO INTERVÁLICO

3.2. JUSTIFICACIÓN DEL USO DE DOS CIRCUITOS:

Tal como se ha indicado, se realizaron dos CIRCUITOS distintos, uno en el primer período (desde noviembre a diciembre) y otro en el segundo período (desde enero hasta mediados de marzo). En ambos circuitos el sistema organizativo es el mismo. La diferencia está basada en la carga, que se aumentó con la inclusión de nuevos ejercicios más intensos. Esto lo hacemos para cumplir el principio de la variabilidad que evita la apatía del individuo producida por el trabajo repetitivo de unos mismos ejercicios y el principio del aumento de la carga (*Matveiev, 1983; Manno, 1991; Platonov, 1988*) que dice que hay que aumentarla cada cierto tiempo para evitar que se estanque el progreso de su entrenamiento debido a la adaptación producida por el continuado uso de las mismas. Por ello, para seguir mejorando la fuerza, se debe aumentar la carga de trabajo adecuándose a las modificaciones del organismo. Un ejemplo de ello es el siguiente: El número de flexiones de brazos que puede realizar un sujeto en 45 segundos es de 8. Tras realizar durante 8 sesiones el mismo ejercicio, el número de flexiones que hace en el mismo tiempo es de 14, debido a la mejora. Con ese número de repeticiones del ejercicio está trabajando más la resistencia a la fuerza y por tanto hay que ponerle una sobrecarga mayor que le lleve a realizar unas 8 repeticiones máximas en el mismo tiempo. Así pues, basándonos en el principio del aumento progresivo de la carga y el de variabilidad, hemos cambiado el circuito a partir de enero por otro más fuerte que les produce una nueva motivación ante los ejercicios.

¿Por qué no hemos cambiado más veces los circuitos a lo largo del entrenamiento, sabiendo que ello produce también una mayor motivación, tal como plantea el principio de la variabilidad? (*Matveiev, 1983; Manno, 1991; Platonov, 1988*). Dos fueron las razones que nos hicieron organizar un par de circuitos. La primera de ellas fué el tiempo que se requiere para su aprendizaje por parte de los alumnos, pues es importante

realizar los ejercicios con buena técnica para que incidan en los grupos musculares que deseamos fortalecer y, al tener relativamente poco tiempo para entrenar, no nos interesa cambiar frecuentemente los ejercicios. La segunda razón fué debida a nuestro interés por que pudieran los propios alumnos controlar en cada sesión el número de repeticiones realizadas, y de esta forma motivarse al ir viendo su propio proceso de mejora en las sucesivas sesiones. Por ello se hicieron por cada circuito, unas planillas individuales para cada alumno, que les permitiera seguir su entrenamiento anotando fecha, número de repeticiones de cada ejercicio y número de series (véase Ficha I y II en el anexo).

Como hemos dicho anteriormente, en cada período se ha aplicado un circuito distinto para tratar de dar variedad y mayor efectividad al entrenamiento.

3.3. ORGANIZACIÓN DE LOS CIRCUITOS:

A la hora de organizar los circuitos, se hace bajo los siguientes criterios:

*** NÚMERO DE ESTACIONES: 8**

*** DISTRIBUCIÓN DE LOS SUJETOS POR ESTACIÓN: 2 en cada una.** Cuando el grupo es impar, se pone un ayudante al alumno que no tiene pareja.

*** FORMA DE TRABAJAR:** Uno realiza el ejercicio y el otro ayuda (si es necesario) o descansa.

*** IMPORTANCIA AL MANTENIMIENTO DEL MISMO ORDEN DE EJECUCIÓN DE LOS EJERCICIOS:** Si empieza por la estación 1, pasa a la 2, después a la 3 y así sucesivamente. Si comienza en la 7, pasa a la 8, luego a la 1 y así sucesivamente. Se debe de mantener siempre el orden en las estaciones debido a la disposición previa de los ejercicios.

3.3.1. EJERCICIOS DEL 1º CIRCUITO:

Este 1º circuito se trabajó durante 11 sesiones sin contar las dos sesiones a principio y final del primer período de entrenamiento dedicadas a la realización del test de fuerza.

Como hemos dicho anteriormente, a la hora de seleccionar los ejercicios que van a componer el circuito, buscamos que estuvieran enfocados a grandes grupos musculares y organizados de forma alterna y no sucesiva. Con esto tratamos de que se puedan recuperar suficientemente los distintos músculos implicados en los diversos ejercicios para que el trabajo fuera lo más eficaz posible al desarrollo de la fuerza. Dos ejercicios de abdominales sucesivos haría que dichos músculos no se recuperaran suficientemente para el segundo ejercicio, produciendo una fatiga acumulada y con ello un trabajo no efectivo.

Pasamos a describir los ejercicios (Figura 6.2.) que componen el primer circuito:

EJERCICIO DE ABDOMINALES: Tumbado supino con piernas semiflexionadas y pies sujetos a las espalderas en el peldaño inferior, coger un balón medicinal de 4 kgs. sobre el pecho y realizar el mayor número posible de flexiones del tronco.

EJERCICIO DE TRICEPS Y LUMBARES: Tumbado prono con un balón medicinal de 3 kgs. sujeto con las manos tras la cabeza, lanzarlo lo más lejos posible a un compañero que se encuentra delante, mediante una extensión brusca de brazos.

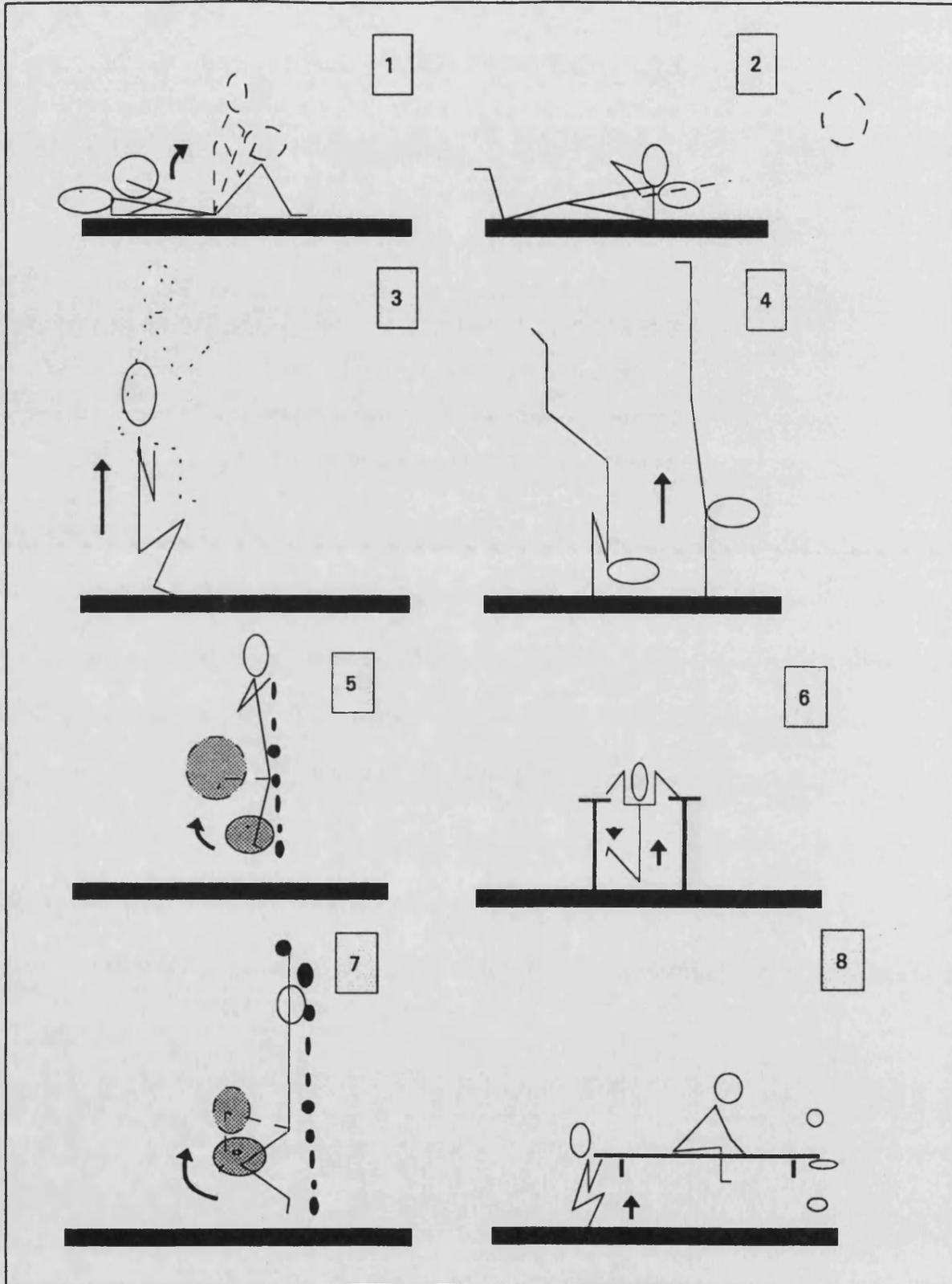


FIGURA 6.2. EJERCICIOS DEL CIRCUITO 1º

EJERCICIO DE CUADRICEPS: Partiendo de la posición de agachado en cuclillas, tronco recto y con las manos apoyadas en las espalderas (para mantener el equilibrio pero sin ayudarse con ellas para subir), realizar el mayor número de extensiones de piernas, llevando a un compañero (con un peso similar al suyo) sobre los hombros, el cual, se sujeta a las espalderas con las manos para mantener el equilibrio y en caso de falta de fuerza por su compañero para ayudar a aliviar el peso. Es importante incidir aquí sobre el tronco, que debe estar siempre perpendicular al suelo.

EJERCICIO PARA TRICEPS Y DELTOIDES: Realizar el equilibrio de manos con apoyo de pies en las espalderas y desde esta posición se realizan las flexiones de brazos a bajar lo más posible la barbilla al suelo. Los alumnos que no puedan, realizarán las flexiones con apoyo de pies más bajos sin tener que estar el cuerpo perpendicular al suelo.

EJERCICIO PARA ISQUIOTIBIALES: Colgado de las espalderas con las manos y frente a ellas, flexionar las piernas por las rodillas subiendo un balón medicinal de 4 kgs. El compañero se lo sujeta para que no caiga.

EJERCICIO PARA TRICEPS: Apoyado con las manos sobre dos bancos suecos elevados y paralelos uno con el otro a una anchura similar a la de los hombros del sujeto, realizar flexiones y extensiones de brazos.

EJERCICIO PARA ABDOMINALES: Colgado en las espaldas de espaldas a ellas y llevando un balón medicinal de 3 kgs. en las rodillas, elevarlas hasta la horizontal y mantener unos 3 segundos para volver a bajar.

EJERCICIO PARA CUADRICEPS: Partiendo de la posición de agachado con manos a la altura del pecho sujetando un banco sueco por un extremo y el otro apoyado a las espaldas, realizar extensiones de piernas transportando sobre el banco al compañero que se encuentra sentado haciendo de contrapeso. La posición debe de regularla de forma que no pueda hacer más de 10 extensiones de piernas en 45 segundos. Es importante que el cuerpo del sujeto que realiza el ejercicio esté completamente perpendicular al suelo y que los brazos se mantengan fijos, sin separarlos del cuerpo.

3.3.2. EJERCICIOS DEL 2º CIRCUITO:

Este 2º circuito se trabajó durante 14 sesiones, sin contar la sesión dedicada a final del período 2º al pase del test de fuerza.

Es necesario que en la ejecución de los ejercicios se insista con frecuencia en la importancia de la correcta ejecución para poder conseguir los efectos que perseguimos sobre los grupos musculares que nos interesan y evitar lesiones.

Los ejercicios empleados (Figura 6.3.) en este segundo circuito se describen a continuación

EJERCICIO PARA ABDOMINALES: Tumbado supino con las piernas semiflexionadas y los pies sujetos a las espalderas en el peldaño inferior, sujetar un balón medicinal de 4 kgs. sobre la frente y realizar el mayor número posible de flexiones del tronco.

EJERCICIO PARA TRICEPS: Sentado con el cuerpo recto y brazos flexionados, sujetando una pica sobre la cabeza, extenderlos ante la resistencia opuesta por un compañero. Se les indica que deben permitir que extienda los brazos, pero de manera que le cueste el hacerlo y que no sobrepase las 8 ó 10 repeticiones en los 45 segundos de ejecución.

EJERCICIO PARA CUADRICEPS: Partiendo de la posición de agachado en cuclillas, tronco recto y con las manos apoyadas en las espalderas (para mantener el equilibrio pero sin ayudarse con ellas para subir), realizar el mayor número de extensiones de piernas, llevando a un compañero (con un peso similar al suyo) sobre los hombros, el cual, se sujeta a las espalderas con las manos para mantener el equilibrio y en caso de falta de fuerza por su compañero para ayudar a aliviar el peso. Es importante incidir aquí sobre el tronco, que debe estar siempre perpendicular al suelo.

EJERCICIO PARA TRICEPS Y DELTOIDES: Realizar el equilibrio de manos con apoyo de pies en las espalderas y desde esta posición, flexionar brazos a bajar lo más posible la barbilla al suelo. Los alumnos que no puedan, realizarán las flexiones con apoyo de pies más bajos sin tener que estar el cuerpo perpendicular al suelo.

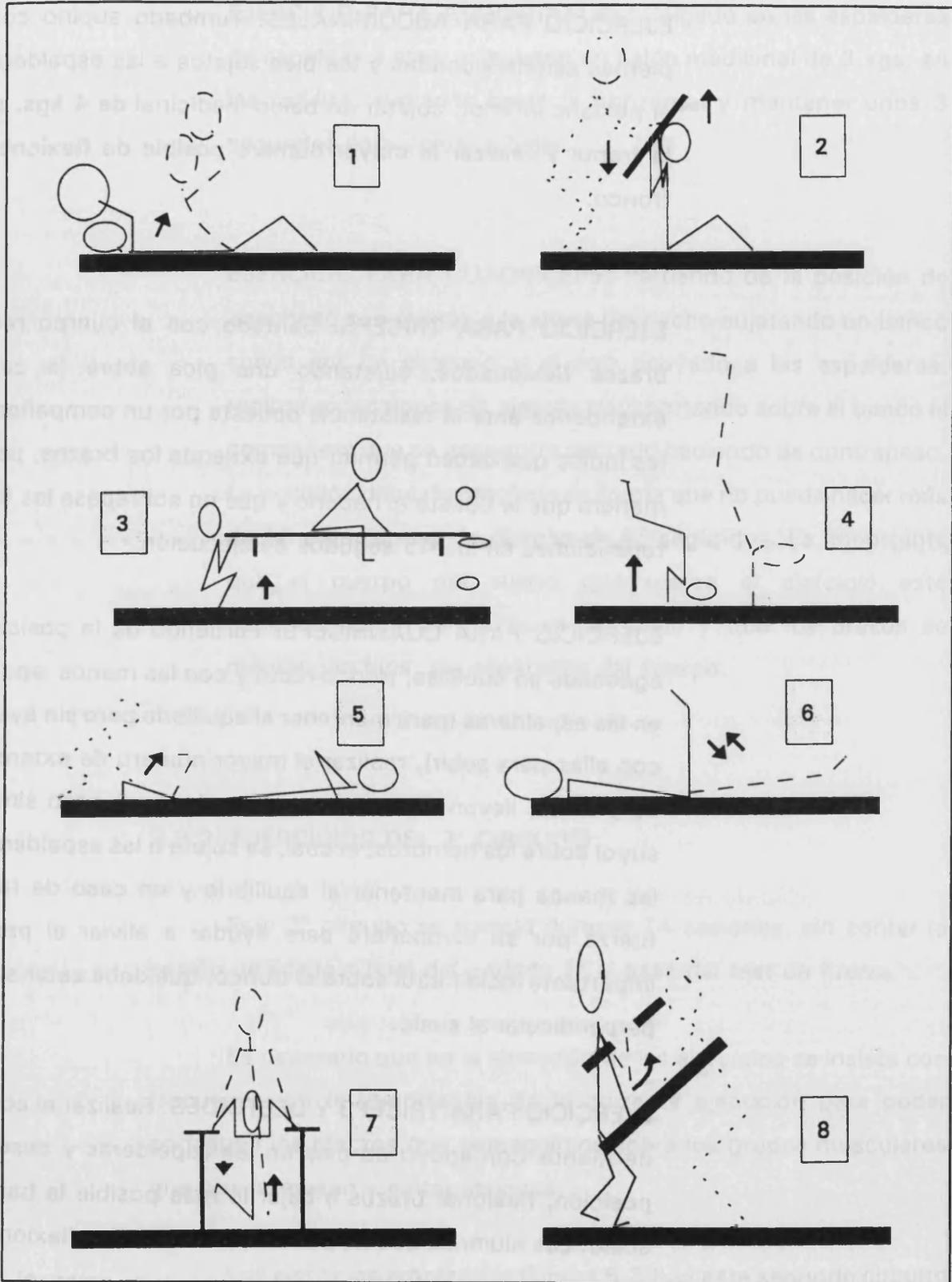


FIGURA 6.3. EJERCICIOS DEL CIRCUITO 2°

EJERCICIO PARA ISQUIOTIBIALES: Partiendo de tumbado supino sobre una colchoneta, flexionar las piernas por las rodillas ante la oposición de un compañero. Esta oposición debe ser lo suficientemente fuerte como para que no realice más de 10 repeticiones en 45 segundos.

EJERCICIOS PARA ABDOMINALES: Partiendo de tumbado prono y con los brazos en cruz apoyando las manos en el suelo, realizar elevaciones de piernas sin doblarlas por las rodillas hasta cerca de la vertical y bajarlas sin llegar a tocar el suelo con los pies.

EJERCICIO PARA TRICEPS: Apoyado con las manos sobre dos bancos suecos elevados y paralelos uno con el otro a una anchura similar a la de los hombros del sujeto, realizar flexo-extensiones de brazos. Hay que incidir en que deben de bajar lo más posible y que el apoyo de manos no esté muy separado de la anchura de los hombros.

EJERCICIO DE BICEPS BRAQUIAL: Colocado de pié con una pica cogida con ambas manos a la anchura de los hombros y con los brazos estirados, realizar flexiones de los codos sin coger impulso con ayuda de la zona lumbar y contra la resistencia de un compañero que debe hacer la suficiente como para que no supere las 10 flexiones durante la ejecución del ejercicio.



4. MEDIDAS:

Las medidas empleadas en este estudio se pueden dividir en 3 bloques que se presentan en los siguientes apartados:

4.1. VARIABLES DE FUERZA

Los problemas que hemos tenido para disponer de dinamómetros en el centro de entrenamiento para medir la fuerza máxima, nos obligó a buscar un método menos preciso pero que también permite medir la fuerza máxima de los sujetos. No obstante, al existir varios tipos de fuerza (fuerza máxima, fuerza velocidad y fuerza resistencia), hemos intentado buscar ejercicios variados en donde intervenga una de ellas, a la vez que tratamos de implicar los grandes grupos musculares.

Aunque como hemos indicado anteriormente se les entregó en las reuniones iniciales un calendario con las fechas de la realización de los tests, se incide en ello mediante la entrega de un comunicado dos días antes de estos, citándolos personalmente para su realización, indicando fecha, hora y lugar de celebración.

El grupo de ejercicios elegidos para el test de fuerza, se hizo teniendo en cuenta: la necesidad de no tardar mucho tiempo en su medición, la representación de la mayoría de los grandes grupos musculares (tronco, brazos, piernas), la utilización de los tres tipos de fuerza, y la sencillez de su ejecución que impida que tengan más importancia otros factores como pueda ser la técnica. La fuerza máxima dinámica, fué medida con los ejercicios dirigidos al biceps y triceps braquiales. La fuerza velocidad, con un

ligero componente de resistencia, fué utilizada con el ejercicio de abdominales, seleccionando un ejercicio de potencia muscular resistida durante 30 segundos, por ser un tipo de fuerza más útil para los individuos. Para la medición de la fuerza resistencia, se utilizaron unos ejercicios de piernas condicionados por la resistencia local de los cuádriceps, puesto que su ejecución viene determinada por el máximo número de repeticiones que puedan realizar sin descanso, hasta el agotamiento muscular.

Los ejercicios seleccionados para medir la fuerza fueron (figura 6.4.):

BICEPS BRAQUIAL: De pié cogiendo una barra de halterofilia con brazos extendidos, realizar una flexión de estos a llevar la barra al pecho. Se debe de evitar que den un golpe de lumbares al comenzar el movimiento, el cual debe de localizarse solamente a nivel de los brazos. El peso a desplazar será el máximo posible. Para conseguir esto sin estar muy influenciado por el cansancio, se hacen pruebas con distintos pesos durante la primera sesión, intercalando suficiente tiempo de descanso entre cada intento. Una vez determinado el máximo peso que puede levantar, se anota en su ficha y nos servirá de referencia para posteriores sesiones de medición, permitiéndonos localizar más pronto su nivel máximo de fuerza, partiendo como mínimo con el nivel anterior.

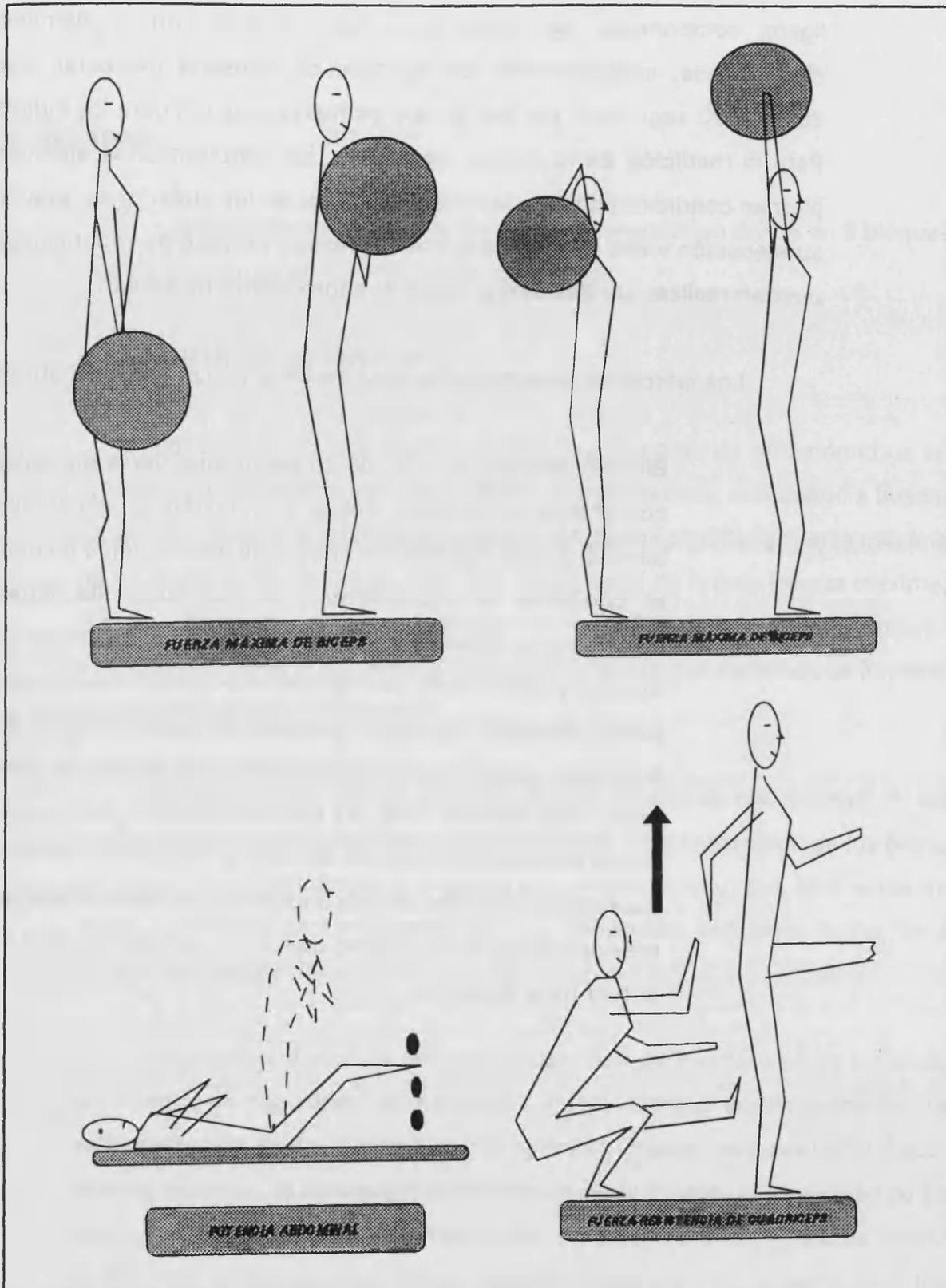


FIGURA 6.4. EJERCICIOS DEL TEST DE FUERZA

TRICEPS BRAQUIAL: Extensiones de codo desde parado.- En posición de pié con codos flexionados y sujetando una barra de halteras con las manos detrás de la cabeza a la anchura de los hombros o más próximas, se realiza una extensión de brazos a elevar la barra. Para localizar bien el ejercicio en el triceps braquial, se incide en que no realicen impulsos previos al levantamiento, bien sea mediante extensión de piernas o flexión de tronco.

ABDOMINALES: Tumbado sobre una colchoneta con las piernas semiflexionadas y los pies colocados entre el 3º y 4º peldaño de las espalderas, realizar el mayor número posible de flexiones de tronco durante 30 segundos. Las manos estarán apoyadas en el hombro contrario cruzando los brazos delante del pecho.

CUADRICEPS: Este ejercicio se realiza dos veces, una para cada pierna. De pié apoyado sobre una pierna y con la otra elevada por delante, se realiza el mayor número de flexo-extensiones seguidos sin descanso, con la pierna de apoyo. A continuación se hace lo mismo con la pierna contraria. Se permite la ayuda de una mano en pared o espalderas pero para mantener el equilibrio y nunca para ayudarse en la subida. Las flexiones y las extensiones deben de hacerse completas.

Los test de fuerza, se pasaron a los dos grupos experimental y control en tres ocasiones:

1º Pase del test para ver su nivel basal de fuerza (02/11/92).

2º Pase del test para ver como ha ido evolucionando la fuerza en ambos grupos (GE y GC) y compararlo después de concluir el primer período de entrenamiento con el grupo experimental (14/12/92).

3º y último pase del test para ver como ha influido el trabajo de fuerza en el grupo experimental tras el 2º circuito y hacer comparaciones con los niveles basales propios y con el grupo control (01/03/93).

4.2. VARIABLES HORMONALES

Se tomaron muestras de saliva en tubos de ensayo (3 ml como mínimo), para la realización de las determinaciones hormonales:

Una primera toma de muestras se hizo previo al comienzo del entrenamiento de fuerza (04/11/92). La segunda toma se realizó a mitad del primer período de entrenamiento (25/11/92). La tercera toma de muestras coincidió con el final del primer período de entrenamiento (16/12/92). Tras el período de vacaciones y antes de comenzar con el entrenamiento del grupo experimental se realizó la cuarta toma de muestras de saliva (13/01/93). A mitad del segundo período de entrenamiento se les pasó la quinta toma de muestras de saliva (10/02/93). Y por último, al final del segundo período de entrenamiento se les pasó la sexta toma de muestras de saliva.

Los sujetos, no debían comer ni fumar durante las 2 horas previas a la toma. Además se les dió una serie de informaciones para la recogida (ver cuadro I de anexo). La secreción salivar fué estimulada mediante la ingestión

de un vaso de agua con unas gotas de limón que se les daba 5 minutos antes de iniciar la recogida.

Una vez recogidas las muestras de saliva en el tubo de ensayo de plástico (Unitek[®]) fueron congeladas y almacenadas hasta su análisis.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Hormonas del Hospital de La Fe (Valencia).

Tanto la testosterona como el cortisol fueron determinados mediante kits comerciales (INMUCHEN-Direct¹²⁵ I Testosterone. INC y Orion Diagnostica, respectivamente). El método para la testosterona incluye una fase previa de extracción con éter.

Los coeficientes de variación intra e interensayo fueron del 5.7% y el 6.2% para la testosterona y del 2.2% y el 8.2% para el cortisol.

4.3. VARIABLES PSICOLÓGICAS

Se ha aplicado el test POMS (Profile of Mood States) durante 6 veces a lo largo del período de la investigación para hacer un seguimiento de sus estados afectivos. Este test tiene 6 escalas, además de proporcionar una puntuación total:

- * Tensión- ansiedad
- * Depresión- melancolía
- * Cólera- hostilidad
- * Vigor- actividad
- * Fatiga- inercia
- * Confusión- desorientación

El POMS, además de ser probado con pacientes clínicos, lo ha sido con sujetos normales para medir la sensibilidad de los efectos de varias manipulaciones experimentales (*McNair, Lorr and Droppleman, 1992*). Por otro lado, *Morgan (1980)* propone su utilización en la selección de talentos, siempre que se administre junto a otras prueba diseñadas a tal fin y como indicador del sobreentrenamiento.

Se ha utilizado la versión de 58 items confeccionada por el CAR de Barcelona, en que se elimina la dimensión Amistad que estaba incluida en las primeras versiones del POMS.

A la vez que aplicamos el test POMS, se les pasaba un cuestionario personal para observar modificaciones en su vida normal que pudieran afectar a su estado de ánimo y/o sus concentraciones hormonales (ver cuadro II del Anexo).

Estos dos tests se pasan a la misma hora (12.30) y día que las tomas de muestras de saliva.

5. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Los valores de fuerza y los hormonales no se ajustaban a una distribución normal, según los resultados de la prueba de Lillieford. Por tanto, los datos directos fueron transformados a datos logarítmicos para no violar los supuestos de las pruebas paramétricas.

Además se calcularon los cambios porcentuales de cada nivel con respecto a los niveles previos de cada una de las mediciones para soslayar la variabilidad individual de las muestras.

Dado el carácter longitudinal del estudio, se realizaron ANOVAS de medidas repetidas y las correspondientes pruebas t, ajustadas según el método de Bonferroni.

En el caso de las correlaciones, se efectuaron correlaciones Spearman.

Todos los análisis se han efectuado mediante el paquete estadístico SYSTAT 5.0 y posteriormente pasados los datos a Pc realizando las gráficas con el programa Harward Grafic y las tablas con el WordPerfect.

CAPÍTULO 7

**EFFECTOS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO
DURANTE EL PERIODO I**

EFFECTOS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DURANTE EL PERIODO I

1. INTRODUCCIÓN

Durante este período el programa aplicado constó de 11 sesiones de entrenamiento. Antes y después de dicho programa se tomaron mediciones de fuerza máxima dinámica concéntrica en bíceps y tríceps braquiales, de potencia abdominal y de fuerza-resistencia en cuádriceps crurales derecho e izquierdo con el fin de valorar las ganancias del programa aplicado.

Por otra parte, se tomaron 3 muestras de saliva para las determinaciones hormonales y se aplicó el POMS en los mismos momentos y en tres ocasiones antes, a mitad del período de aplicación del programa y al final del mismo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

2. HOMBRES:

2.1. EFECTOS SOBRE LA FUERZA:

Se producen incrementos en fuerza en todas las medidas utilizadas. Sin embargo sólo se encuentra un efecto significativo del grupo ($F_{1,14} = 6.188$; $p < 0.026$) y de la interacción momento*grupo ($F_{1,14} = 9.166$; $p < 0.009$) sobre la potencia abdominal (Figura 7.1) (Tabla 7.1). Concretamente, el grupo experimental muestra incrementos significativos de fuerza ($F_{1,6} = 7.886$; $p < 0.031$) que no se encuentran en el grupo control. Las diferencias entre los grupos son significativas al final pero no al principio de este período de entrenamiento ($t = 3.699$; $p < 0.002$).

		F	G.L.	P
FUERZA MÁXIMA EN BÍCEPS BRAQUIAL	Grupo	0.092	1/14	0.766
	Momento	0.114	1/14	0.741
	Grupo*Momento	0.034	1/14	0.856
FUERZA MÁXIMA EN TRÍCEPS BRAQUIAL	Grupo	0.988	1/14	0.337
	Momento	7.302	1/14	0.017
	Grupo*Momento	0.956	1/14	0.345
POTENCIA ABDOMINAL.	Grupo	6.188	1/14	0.026
	Momento	10.074	1/14	0.007
	Grupo*Momento	9.166	1/14	0.009
FUERZA-RESISTENCIA EN CUADRICEPS DERECHO.	Grupo	0.194	1/14	0.666
	Momento	3.714	1/14	0.074
	Grupo*Momento	1.503	1/14	0.240
FUERZA-RESISTENCIA EN CUADRICEPS IZQUIERDO.	Grupo	0.428	1/14	0.524
	Momento	1.597	1/14	0.227
	Grupo*Momento	1.764	1/14	0.205

Tabla 7.1: ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS DE LOS NIVELES DE FUERZA EN HOMBRES EN EL PERIODO 1.

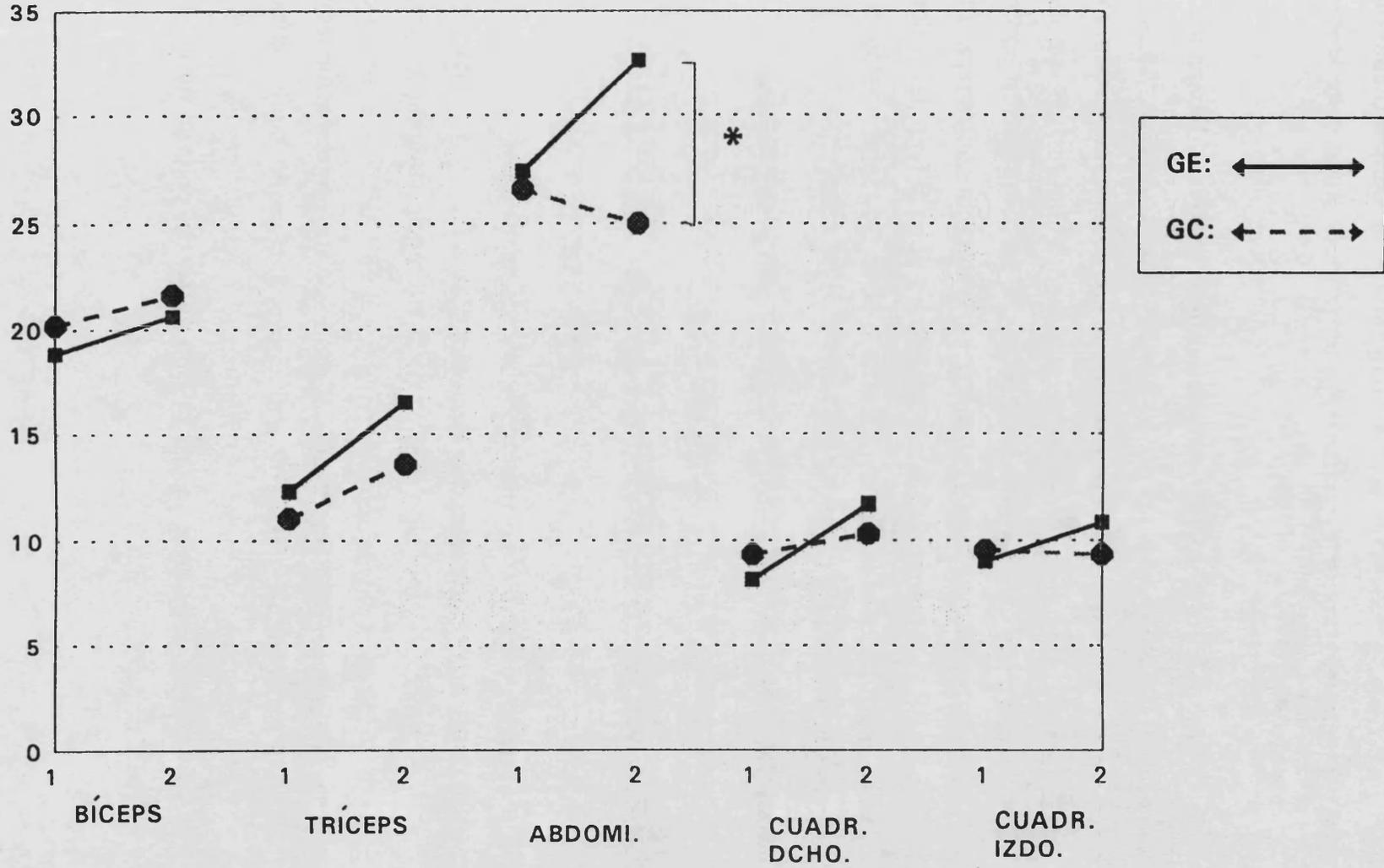


Fig. 7.1.: Evolución de la fuerza en hombres durante el período 1 de entrenamiento

Además, existe un efecto significativo del momento sobre la fuerza en tríceps ($F_{1,14} = 7.302$; $p < 0.017$), pero no del grupo o de la interacción entre ambos factores (Tabla 7.1).

No hay efectos significativos sobre bíceps y cuádriceps izquierdo.

Cuando expresamos las mejoras en fuerza como cambios porcentuales respecto a la medición previa al entrenamiento (Figura 7.2), se observa un incremento sensiblemente mayor en el GE en comparación con el GC en todas las medidas (salvo bíceps), pero sólo encontramos diferencias significativas en potencia abdominal entre grupos al final del período. El GE muestra bruscos ascensos, mientras que el GC tiene ligeros descensos ($t = 3.158$; $p < 0.007$).

2.2. RESPUESTA HORMONAL

Testosterona

El ANOVA de medidas repetidas (Tabla 7.2) con el factor grupo (3 x 2) muestra un efecto significativo de la interacción momento*grupo ($F_{1,7} = 5.377$; $p < 0.019$) y del momento ($F_{2,14} = 6.995$; $p < 0.008$) sobre los niveles de testosterona. Mientras que el grupo control muestra un aumento no significativo en los niveles de esta hormona, el grupo experimental muestra descensos que alcanzan la significación estadística ($F_{2,8} = 6.631$; $p < 0.020$), especialmente en la segunda mitad del período de entrenamiento estudiado (Figura 7.3).

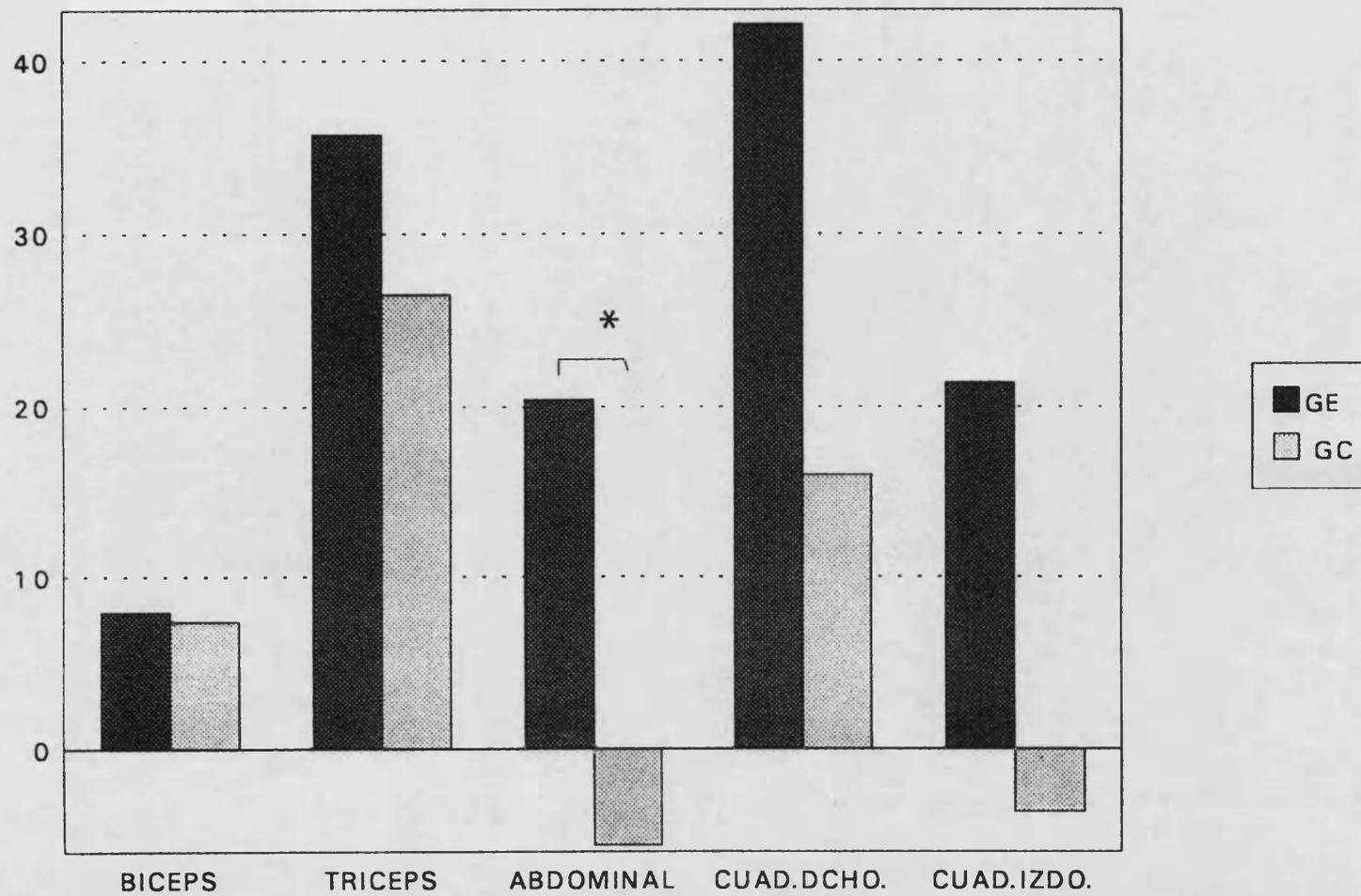


Figura 7.2.: Cambios de la fuerza en hombres durante el periodo 1

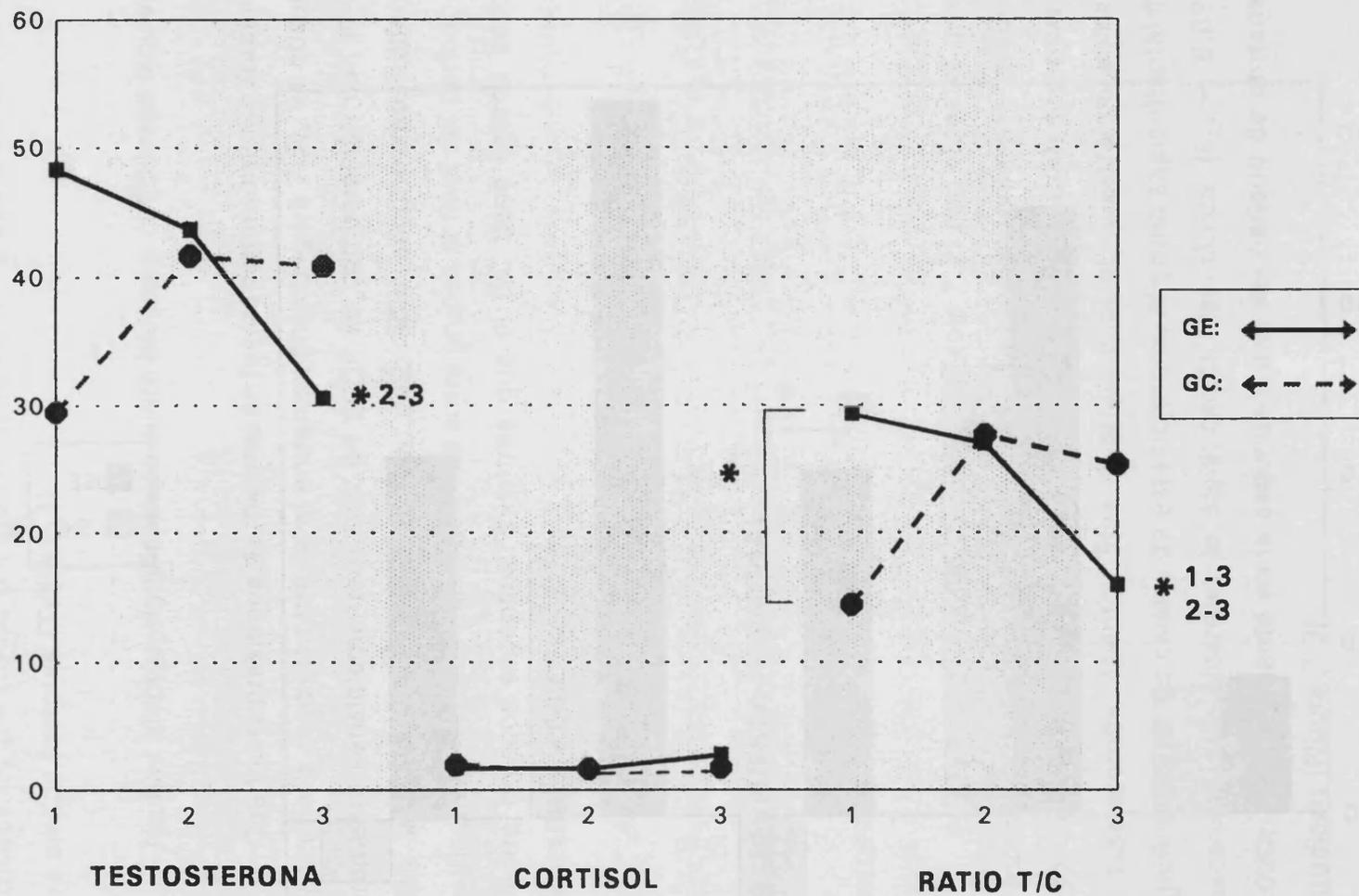


Fig. 7.3.: Evolución de los niveles hormonales en hombres durante el período 1 de entrenamiento. (Testosterona en pgr/ml. y Cortisol en ngr./ml.)

La respuesta de la testosterona al entrenamiento expresada como cambios porcentuales muestra que los descensos en testosterona del grupo experimental son significativamente diferentes a los aumentos que muestra el grupo control al final del período ($t = -2.885$; $p < 0.023$) (Figura 7.4).

		F	G.L.	P
TESTOSTERONA PRE Y POST ENTRENAMIENTO	Grupo	0.392	1/7	0.551
	Momento	6.995	2/14	0.008
	Grupo*Momento	5.377	2/14	0.019
CORTISOL PRE Y POST ENTRENAMIENTO	Grupo	0.151	1/7	0.709
	Momento	1.002	2/14	0.392
	Grupo*Momento	0.537	2/14	0.596
TESTOSTERONA/ CORTISOL PRE Y POST ENTRENAMIENTO	Grupo	0.069	1/7	0.801
	Momento	12.144	2/14	0.001
	Grupo*Momento	8.505	2/14	0.004

Tabla 7.2. ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS DE NIVELES HORMONALES EN HOMBRES EN EL PERIODO 1.

Cortisol

No hemos encontrado efectos significativos del grupo o de la interacción grupo*momento sobre los niveles o los cambios de cortisol (figura 7.3; tabla 7.2). Sin embargo, puede apreciarse un aumento en los niveles de cortisol mucho más pronunciado en el grupo al que se le aplicó el programa de entrenamiento (Figura 7.4), especialmente en la segunda parte del período.

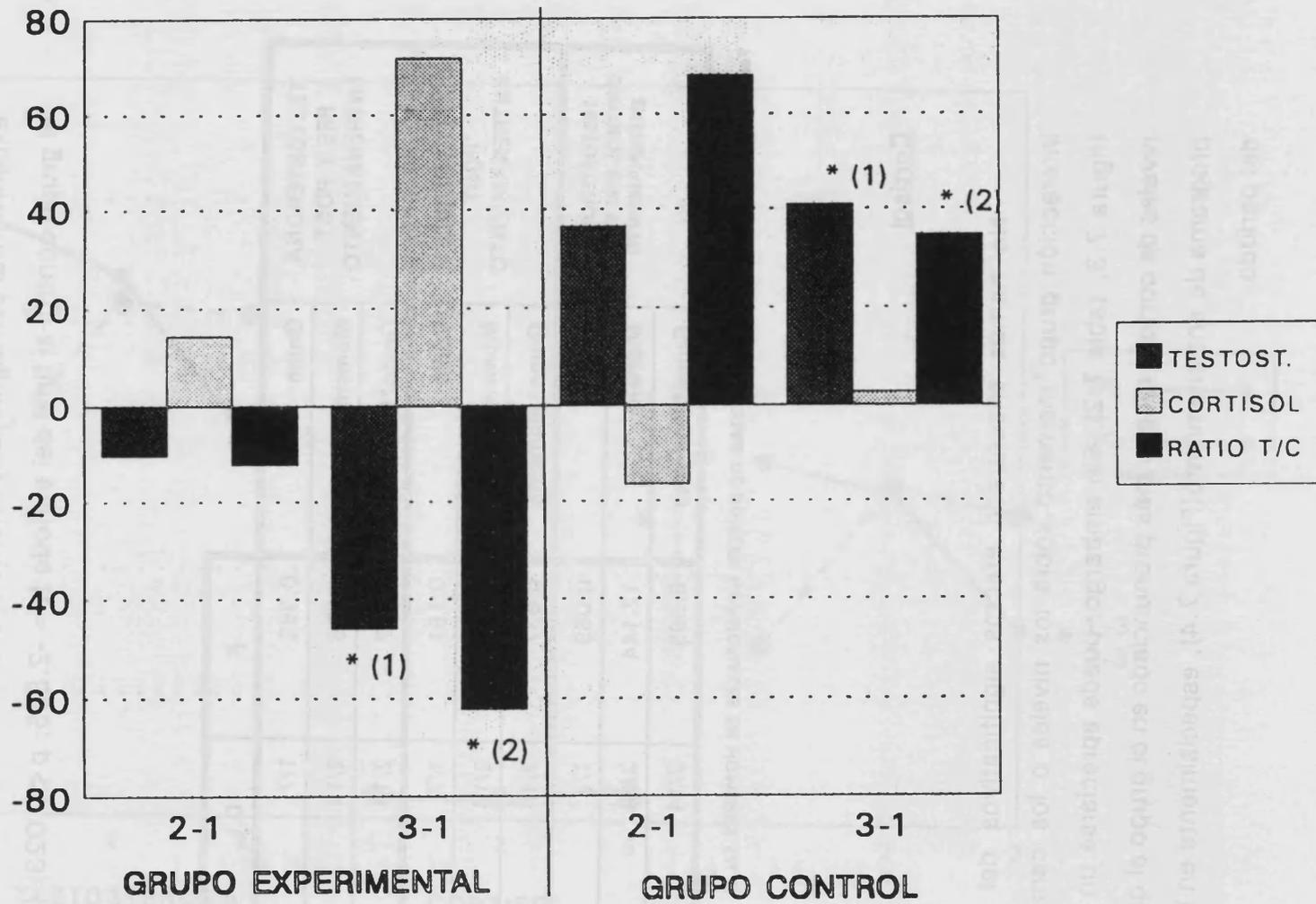


Fig. 7.4.: Cambios de los niveles hormonales en hombres durante el período 1

Ratio T/C

El programa de entrenamiento aplicado afectó a la ratio T/C. El Anova correspondiente mostró un efecto significativo del momento ($F_{2,14} = 12.144$; $p < 0.001$) y de la interacción momento*grupo ($F_{2,14} = 8.505$; $p < 0.004$) (Tabla 7.2). El grupo experimental empezó el período de entrenamiento con niveles en la ratio T/C significativamente superiores que el grupo control ($t = 2.667$; $p < 0.024$). Este mismo grupo evoluciona a lo largo del período con descensos significativos en la ratio ($F_{2,8} = 9.604$; $p < 0.007$), mientras que el grupo control mostró ascensos no significativos (Figura 7.3)

En este mismo sentido, existen diferencias entre los grupos en los cambios de la ratio T/C al final del período de entrenamiento considerado ($t = -5.786$; $p < 0.001$) (Figura 7.4).

2.3. ESTADOS DE ÁNIMO

Existe un efecto significativo de la interacción momento*grupo sobre las puntuaciones en la subescala de tensión/ansiedad ($F_{2,14} = 5.098$; $p < 0.022$). No existen diferencias entre los grupos en ninguno de los tres momentos en que se pasó el cuestionario del POMS, aunque a partir de la segunda mitad del entrenamiento, el grupo que realizaba actividad física comienza un ligero descenso en las puntuaciones de esta subescala y el grupo control obtiene mayores puntuaciones. (Figura 7.5.) (Tabla 7.3).

Además, hay un efecto del momento sobre la subescala de vigor ($F_{2,14} = 24.341$; $p < 0.002$), pero no del grupo o de su interacción.

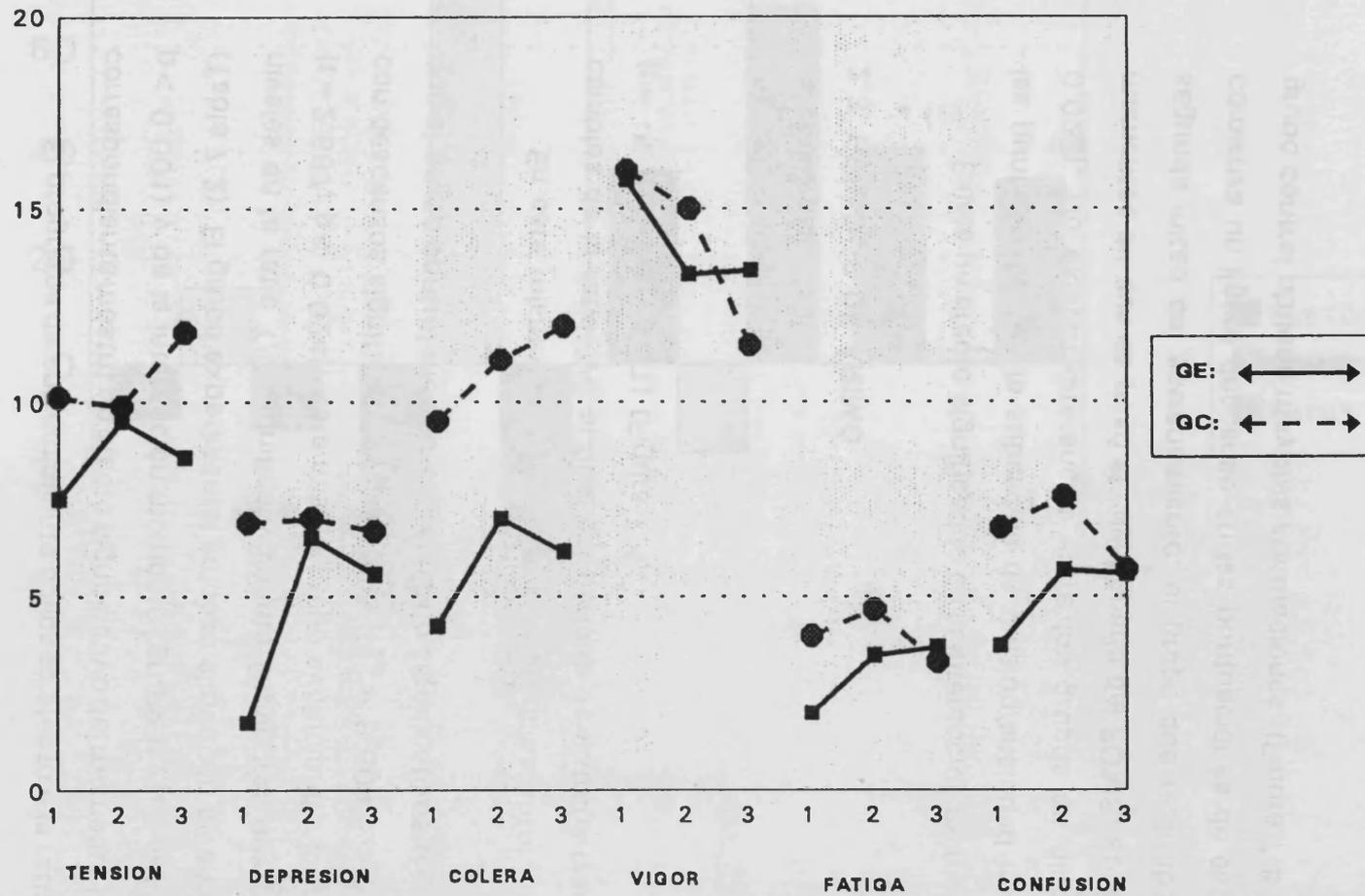


Fig. 7.5.: Evolución de los estados de ánimo en hombres durante el período 1 de entrenamiento

En el resto de subescalas no hay efectos significativos. Sin embargo, tanto en la subescala de cólera como en la puntuación total (Figura 7.6), se observan en todo momento valores superiores en el grupo control que en el experimental.

		F	G.L.	P
TENSIÓN	Grupo	0.879	1/7	0.380
	Momento	2.800	2/14	0.095
	Grupo*Momento	5.098	2/14	0.022
DEPRESIÓN	Grupo	1.925	1/7	0.208
	Momento	0.191	2/14	0.828
	Grupo*Momento	0.084	2/14	0.920
CÓLERA	Grupo	3.108	1/7	0.121
	Momento	0.853	2/14	0.447
	Grupo*Momento	1.305	2/14	0.302
VIGOR	Grupo	0.146	1/7	0.714
	Momento	0.933	2/14	0.417
	Grupo*Momento	0.045	2/14	0.956
FATIGA	Grupo	0.748	1/7	0.407
	Momento	0.027	2/14	0.973
	Grupo*Momento	0.030	2/14	0.971
CONFUSIÓN	Grupo	2.711	1/7	0.144
	Momento	0.004	2/14	0.996
	Grupo*Momento	0.036	2/14	0.965
TOTAL	Grupo	1.408	1/6	0.280
	Momento	0.632	2/12	0.548
	Grupo*Momento	1.007	2/12	0.394

Tabla 7.3. ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS DE LOS ESTADOS DE ÁNIMO (POMS) EN HOMBRES. PERIODO 1.

No hay diferencias significativas entre los grupos en los cambios de ninguna de las subescalas del POMS ni en la puntuación total (Figura 7.7)

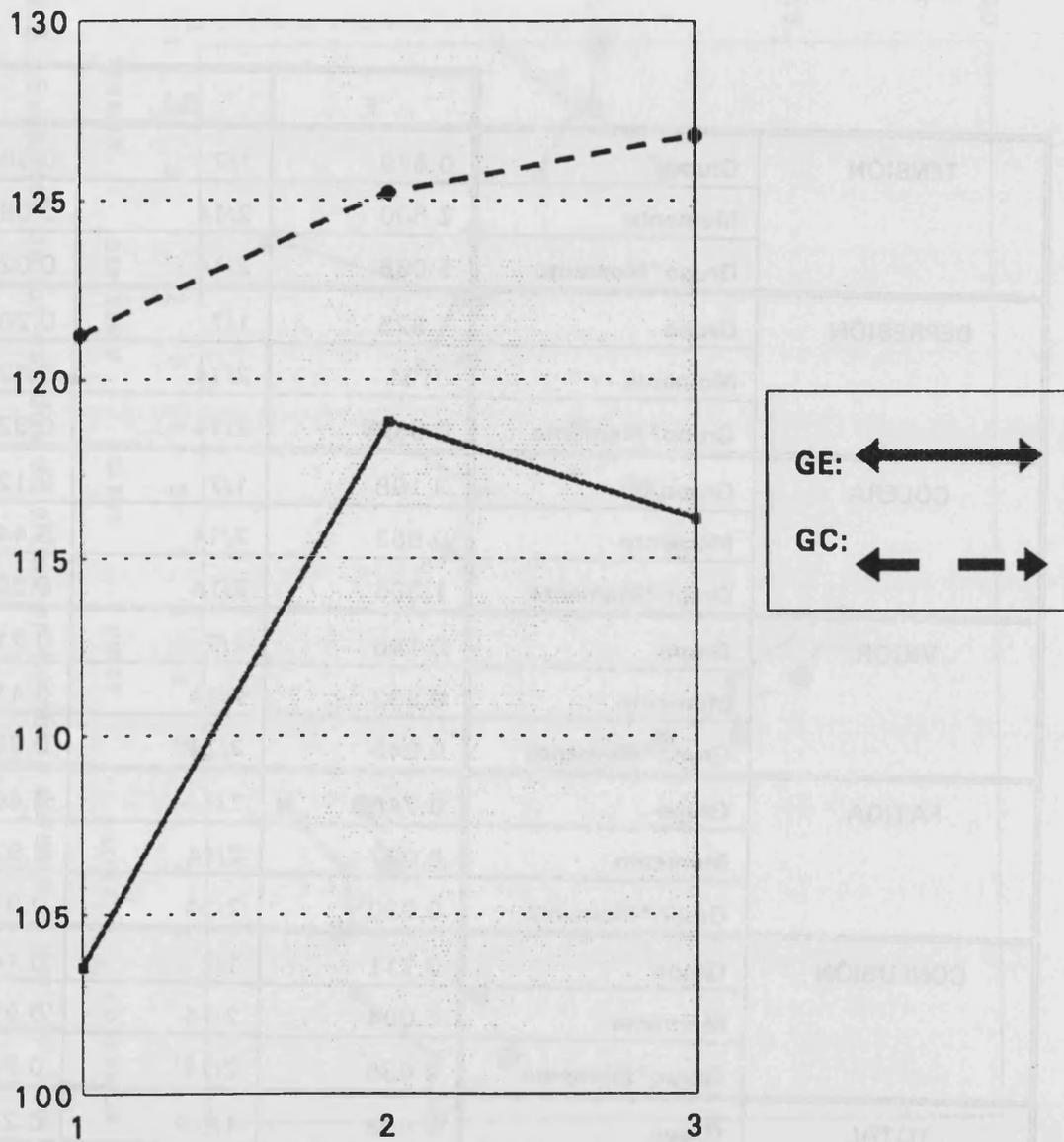


Figura 7.6. Puntuación total del POMS en hombres durante el período 1

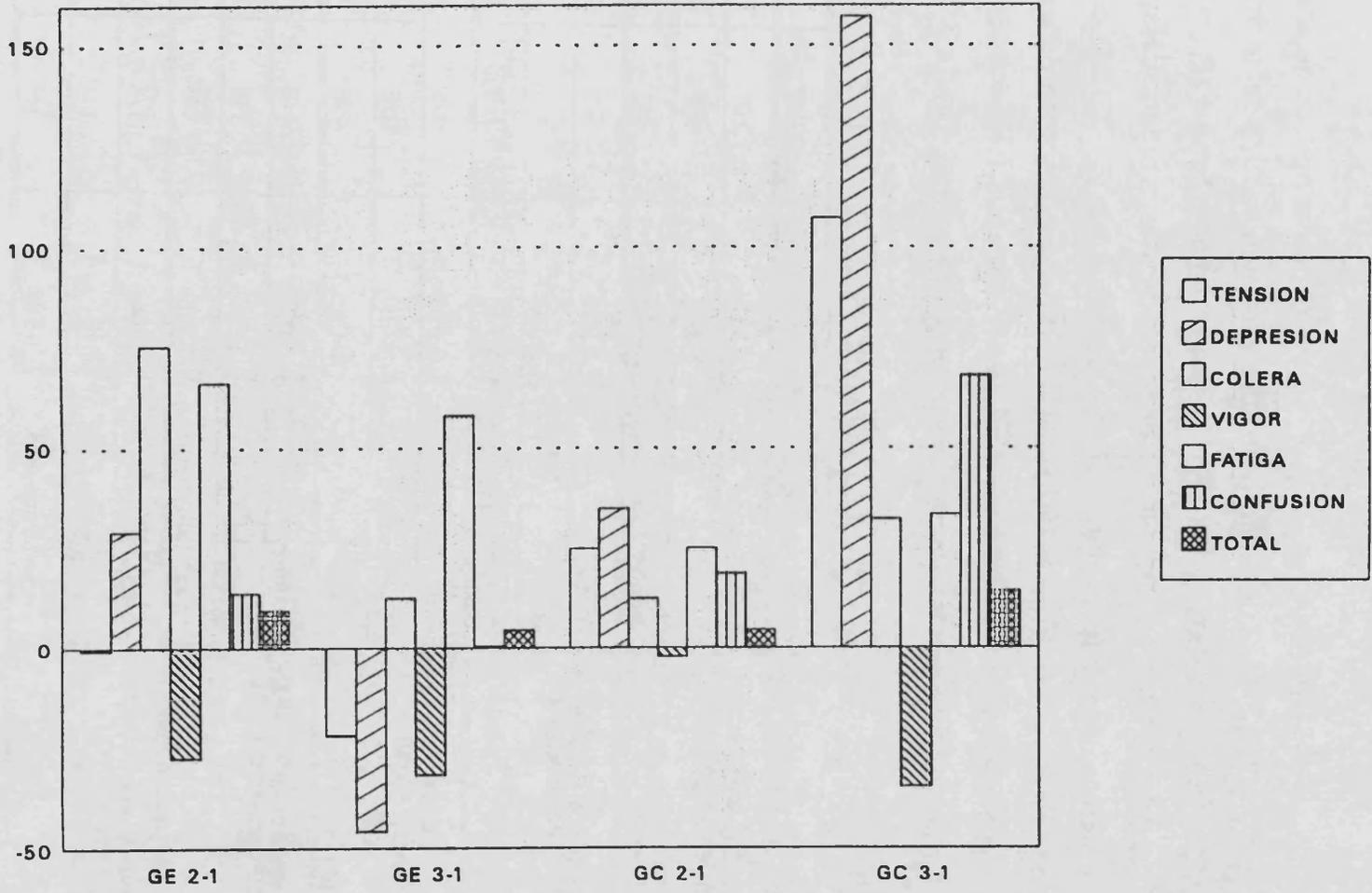


Figura 7.7.: Cambios de las subescalas del POMS y total en hombres durante el período 1

3. MUJERES

3.1. EFECTOS SOBRE LA FUERZA

En el grupo de mujeres, durante este primer período de entrenamiento (Tabla 7.4.), hemos encontrado un efecto significativo del momento ($F_{1,8} = 25.589$; $p < 0.001$) y de la interacción momento*grupo ($F_{1,8} = 9.768$; $p < 0.014$) en la fuerza dinámica-concéntrica de tríceps braquial. Hay diferencias entre ambos grupos antes del entrenamiento ($t = -3.124$; $p < 0.014$) a favor del grupo control. Al analizar cada grupo por separado, se constata una mejora significativa en el grupo experimental ($t = -5.248$; $p < 0.003$) mientras que no hay diferencias en el grupo control (Figura 7.8.)

		F	G.L.	P
FUERZA MÁXIMA EN BÍCEPS BRAQUIAL	Grupo	2.322	1/8	0.166
	Momento	1.358	1/8	0.277
	Grupo*Momento	0.416	1/8	0.537
FUERZA MÁXIMA EN TRÍCEPS BRAQUIAL	Grupo	3.325	1/8	0.106
	Momento	25.589	1/8	0.001
	Grupo*Momento	9.768	1/8	0.014
POTENCIA ABDOMINAL	Grupo	0.607	1/8	0.458
	Momento	1.487	1/8	0.257
	Grupo*Momento	0.065	1/8	0.806
FUERZA-RESISTENCIA EN CUADRICEPS DERECHO	Grupo	0.028	1/6	0.872
	Momento	3.632	1/6	0.105
	Grupo*Momento	1.090	1/6	0.337
FUERZA-RESISTENCIA EN CUADRICEPS IZQUIERDO	Grupo	0.182	1/4	0.691
	Momento	10.178	1/4	0.033
	Grupo*Momento	5.682	1/4	0.076

Tabla 7.4.: ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS DE LOS NIVELES DE FUERZA EN MUJERES EN EL PERIODO 1.

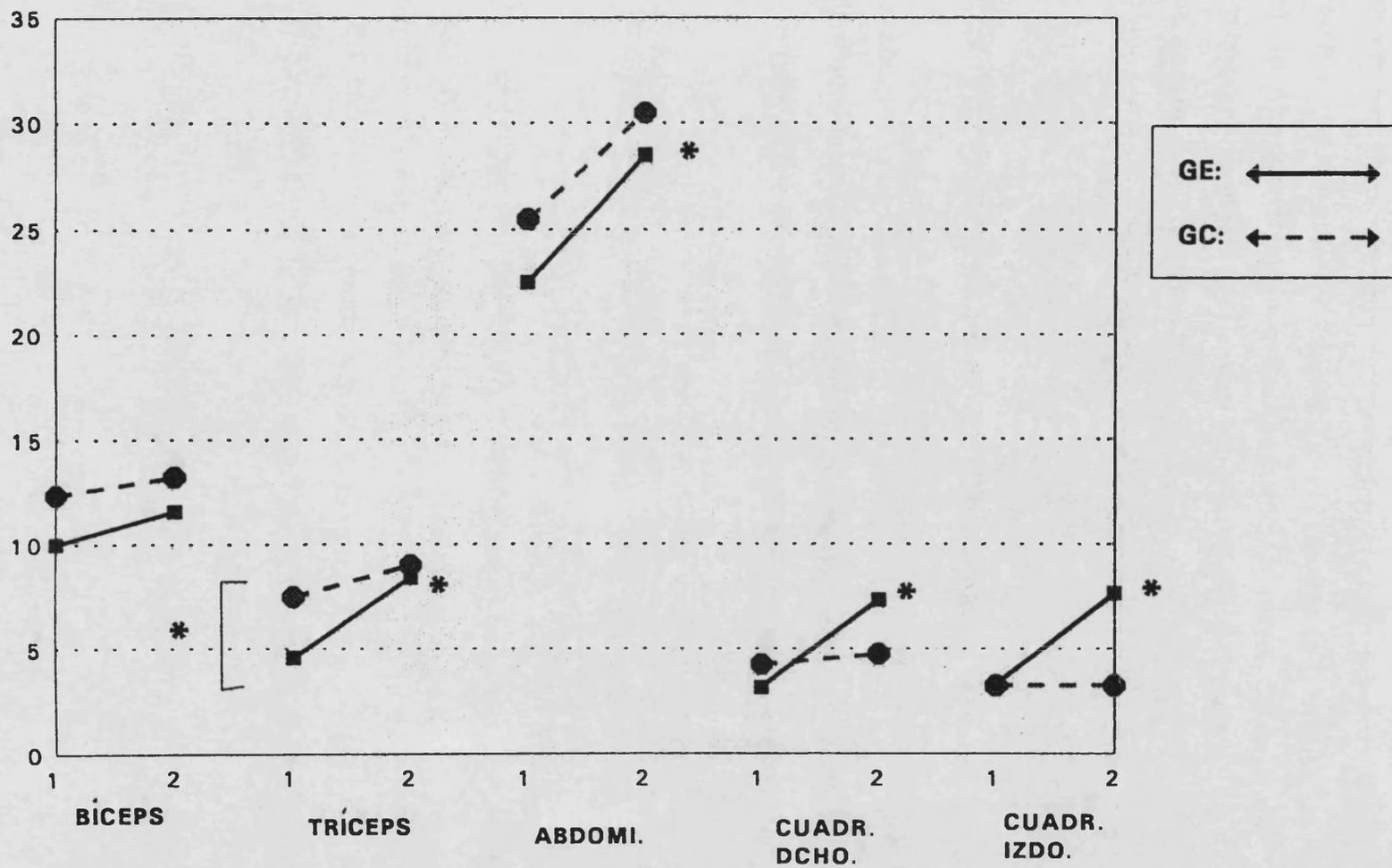


Fig. 7.8.: Evolución de la fuerza en mujeres durante el período 1 de entrenamiento

Hay un efecto significativo del momento en la fuerza resistencia del cuádriceps izquierdo ($F_{1,4} = 10.178$; $p < 0.033$), a la vez que hay un efecto cercano a la significación estadística en la interacción momento*grupo ($F_{1,4} = 5.682$; $p < 0.076$) en la fuerza-resistencia del cuádriceps izquierdo. Esta tendencia no se traduce en diferencias entre grupos aunque sí se observa en el grupo experimental un incremento significativo ($t = -3.191$; $p < 0.024$), que no aparece en el grupo control.

En el resto de medidas no se han encontrado cambios significativos.

El análisis de los cambios porcentuales experimentados en las medidas de fuerza indica que sólo hay diferencias significativas en la fuerza de tríceps con importantes incrementos en el grupo experimental y menores en el grupo control ($t = 3.208$; $p < 0.012$) (Figura 7.9.).

3.2. RESPUESTA HORMONAL

Los niveles hormonales evaluados en las tres ocasiones quedan recogidos en la Figura 7.10. No aparece ningún efecto significativo sobre la testosterona, sobre el cortisol ni sobre la ratio (Tabla 7.5.).

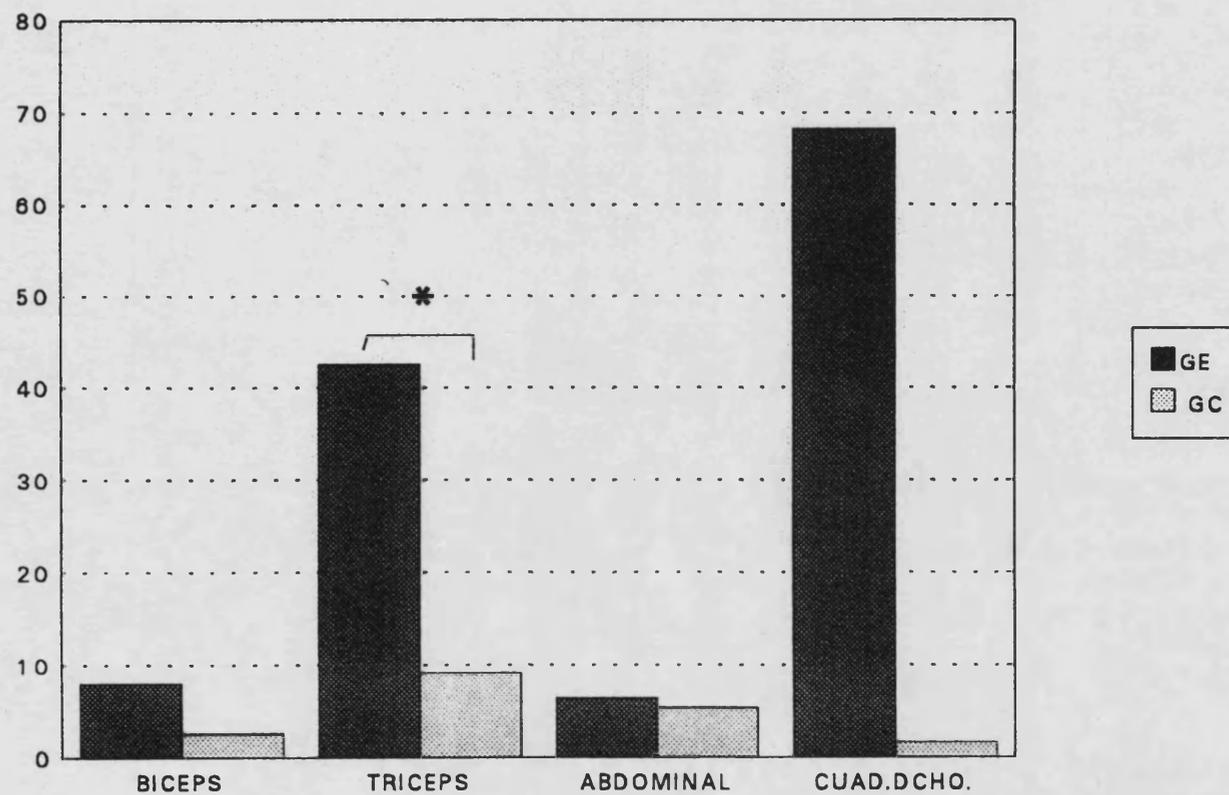


Figura 7.9.: Cambios de la fuerza en mujeres durante el periodo 1

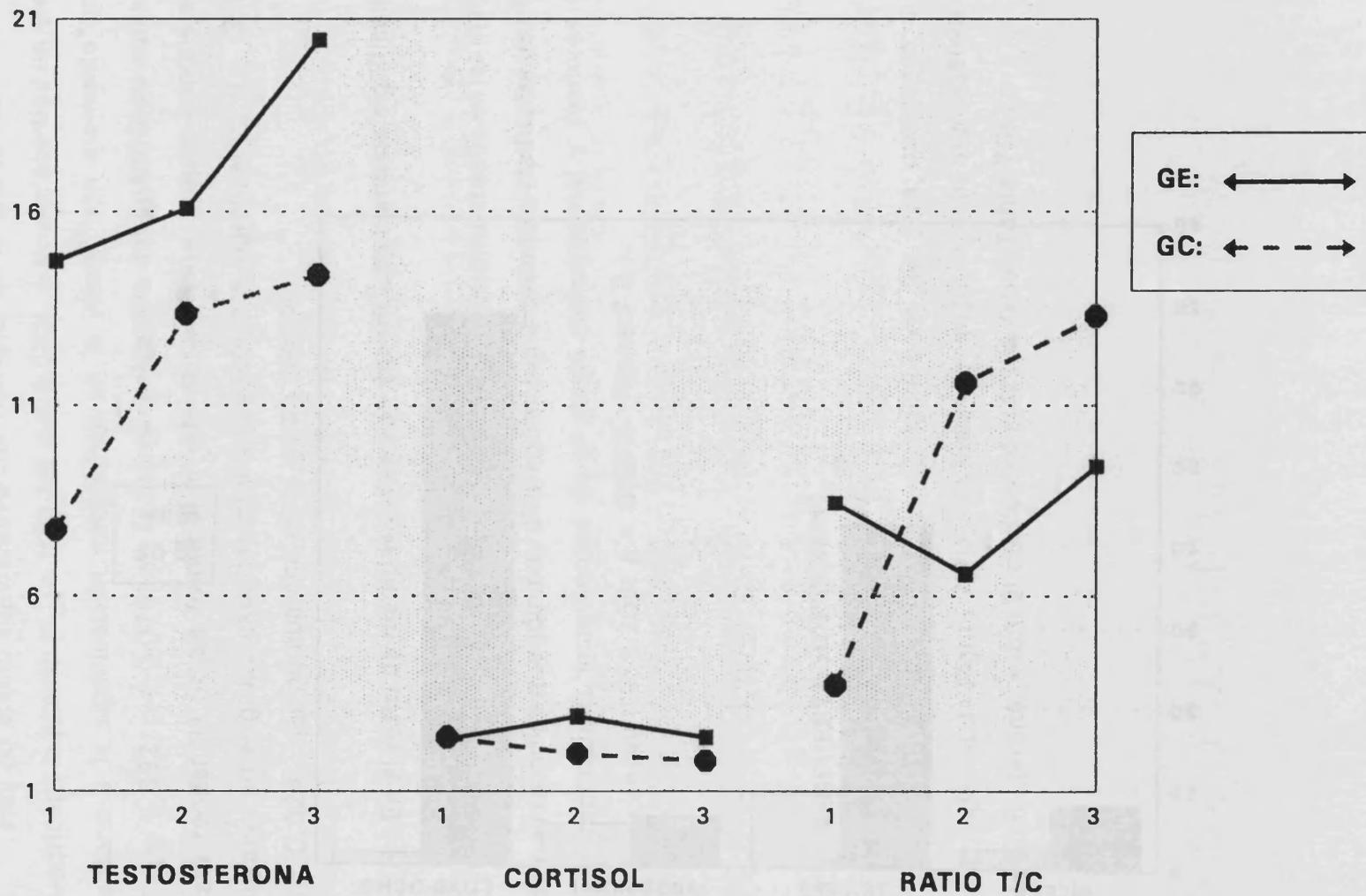


Fig. 7.10.: Evolucion de los niveles hormonales en mujeres durante el periodo 1 de entrenamiento

		F	G.L.	P
TESTOSTERONA PRE. INTRA Y POST. ENTRENAMIENTO	Grupo	2.089	1/6	0.198
	Momento	0.105	2/12	0.901
	Grupo*Momento	0.078	2/12	0.925
CORTISOL PRE. INTRA Y POST. ENTRENAMIENTO	Grupo	0.085	1/5	0.782
	Momento	0.498	2/10	0.622
	Grupo*Momento	0.356	2/10	0.709
RATIO T/C PRE. INTRA Y POST. ENTRENAMIENTO	Grupo	3.037	1/5	0.142
	Momento	0.325	2/10	0.730
	Grupo*Momento	0.210	2/10	0.814

Tabla 7.5. ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS DE NIVELES HORMONALES EN MUJERES EN EL PERÍODO 1.

Los cambios porcentuales no muestran tampoco ningún efecto significativo del grupo, momento o de su interacción (Figura 7.11.), aunque puede observarse un descenso en la ratio T/C en el grupo experimental mientras que se incrementa en el control en la segunda parte del período.

3.3. ESTADO DE ÁNIMO

No se ha encontrado ningún efecto significativo ni en la escala total ni en las subescalas del POMS. Hay una tendencia a disminuir en la puntuación total del grupo experimental, contraria al ligero incremento del grupo control, pero sin mostrar ninguna significación estadística, como se ha indicado (Figura 7.12. y 7.13.).

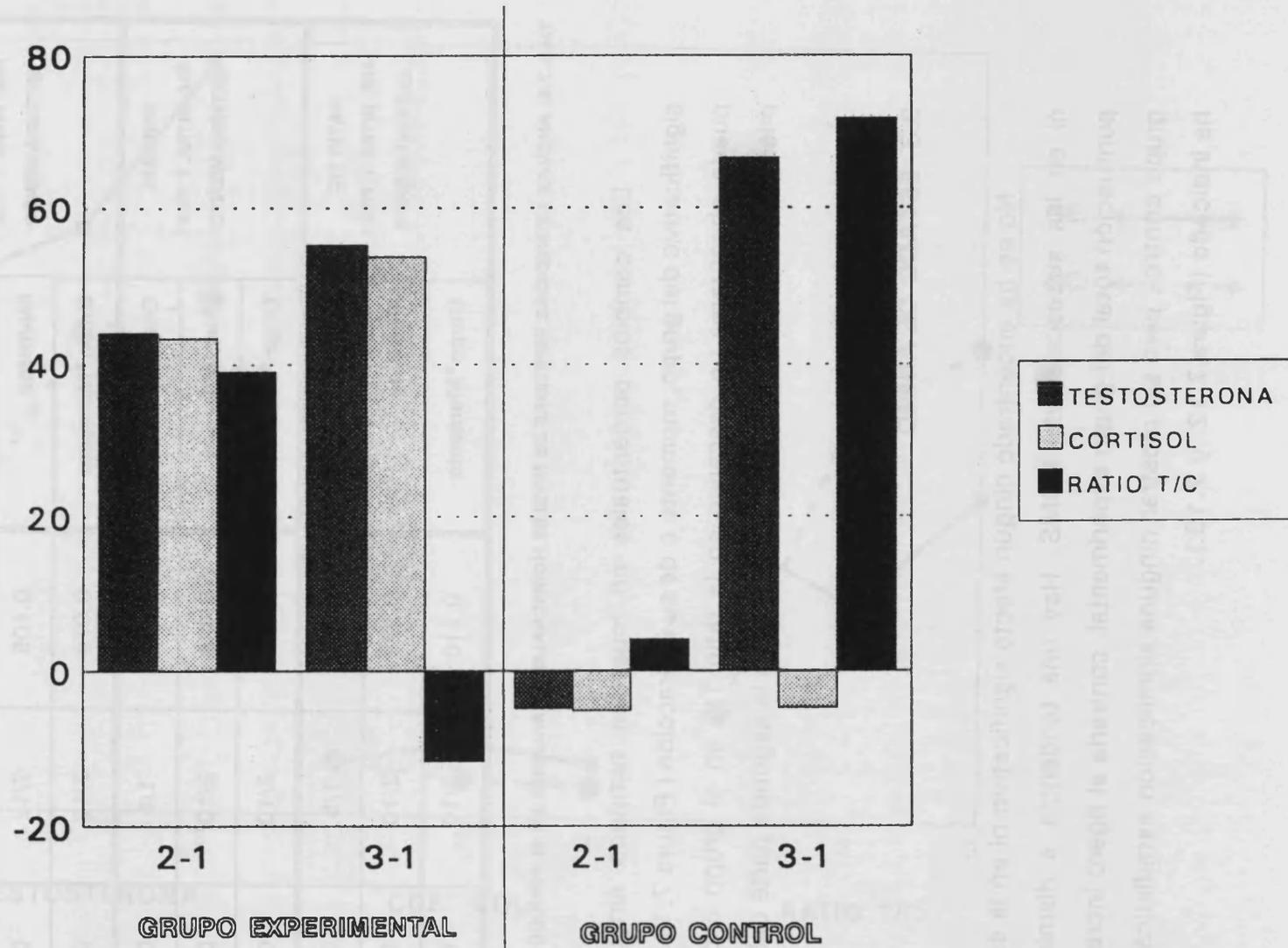


Figura 7.11.: Cambios de los niveles hormonales en mujeres durante el período 1

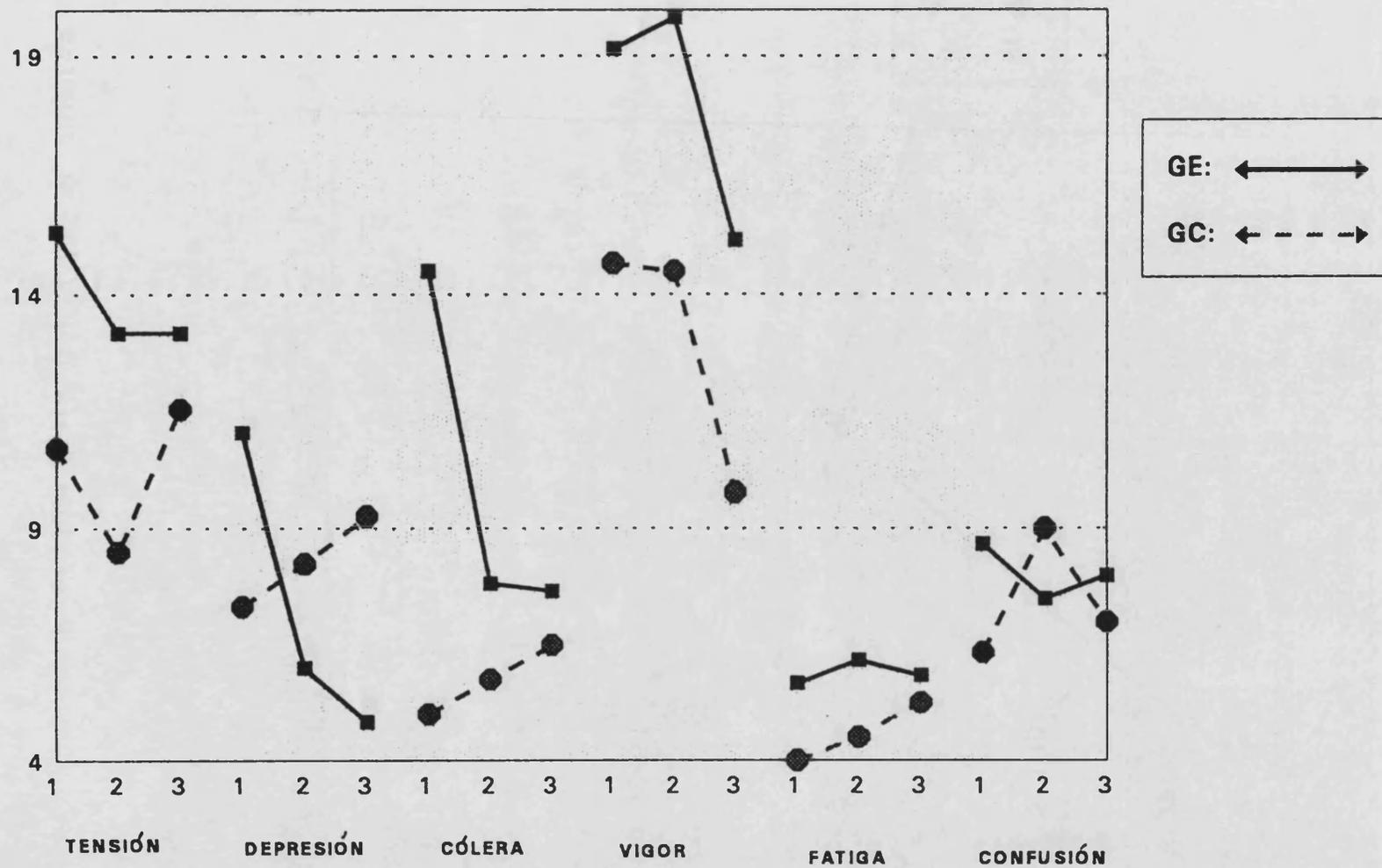


Figura 7.12.: Evolución de los estados de ánimo en mujeres durante el período 1 de entrenamiento

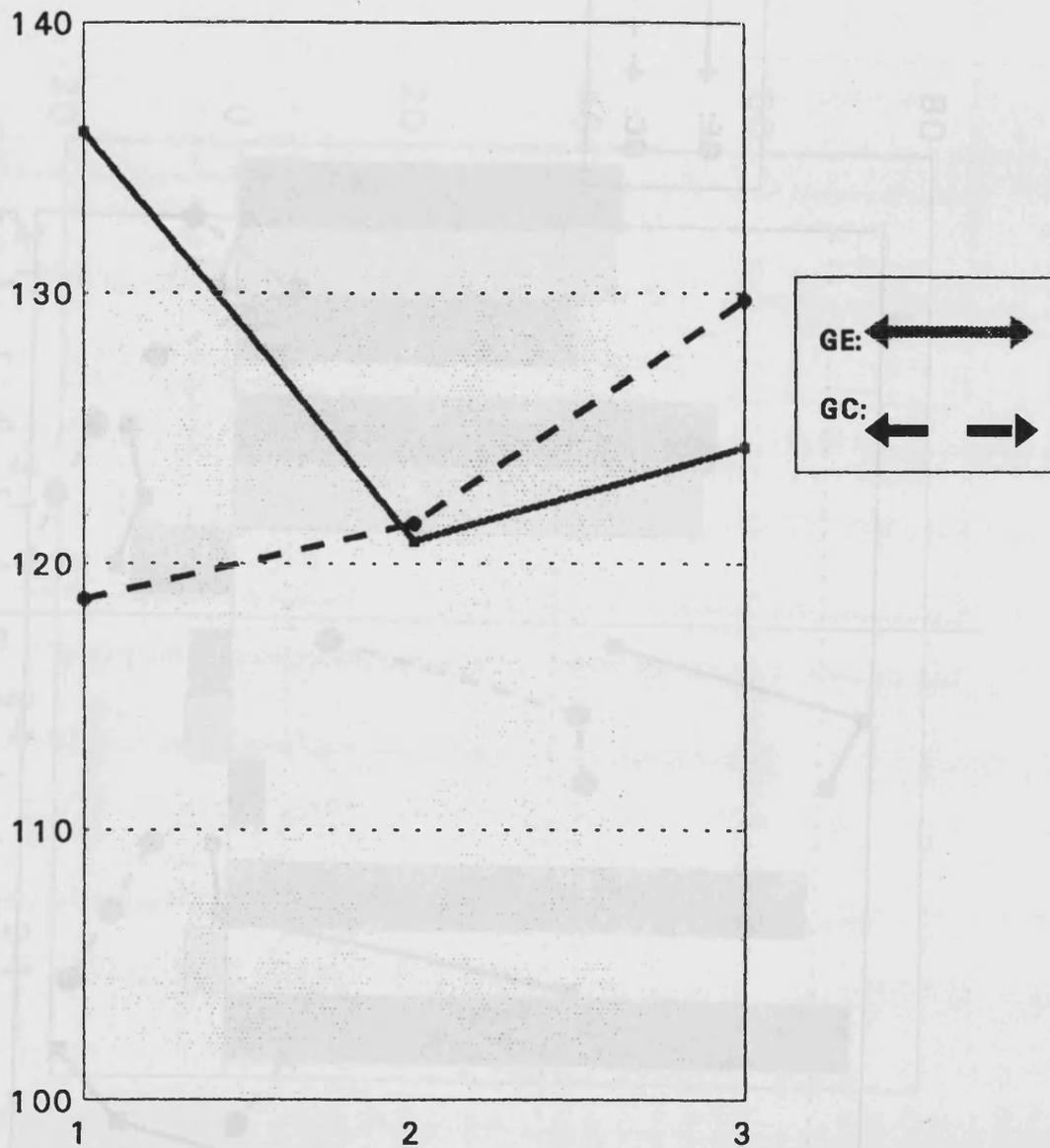


Figura 7.13. Puntuación total del POMS en mujeres durante el período 1

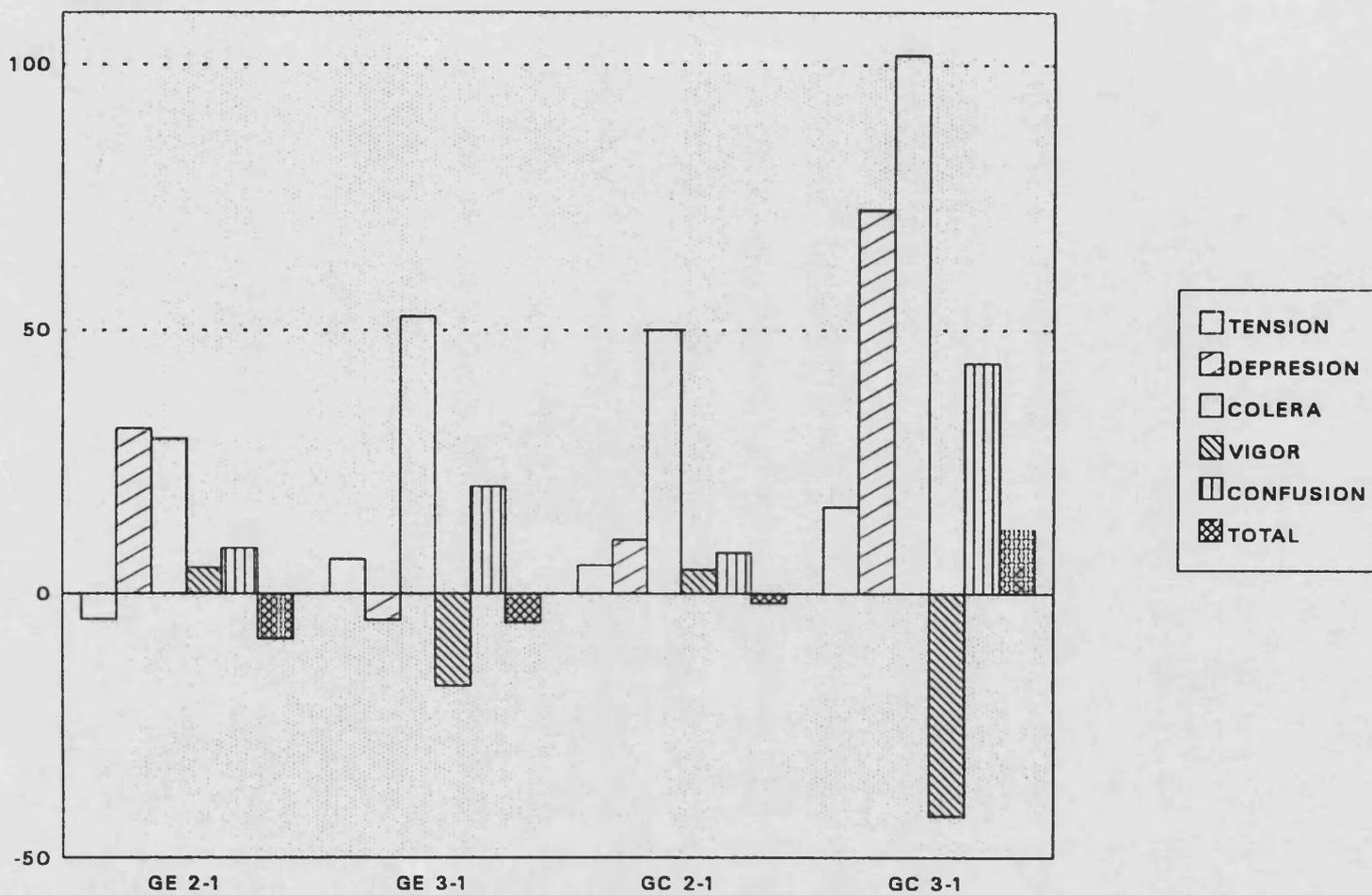


Figura 7.14.: Cambios de las subescalas del POMS y total en mujeres durante el periodo 1

CAPÍTULO 8

**EFFECTOS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO
DURANTE EL PERIODO II**

EFFECTOS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DURANTE EL PERIODO II

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo analizaremos los efectos del programa de entrenamiento de fuerza durante el período II sobre las mediciones de fuerza, valores hormonales y puntuaciones en el estado de ánimo de los adolescentes masculinos y femeninos.

Este período que ha sido descrito en el capítulo de Material y Métodos, consta de 12 sesiones y supone una variación de aquellos ejercicios que el grupo experimental estaba realizando con un gran número de repeticiones, buscando una selección de ejercicios dirigidos al mismo grupo muscular pero con cargas submáximas que con el transcurso del entrenamiento se va aumentando la intensidad en función de la mejora de los propios individuos para que los efectos del entrenamiento sean positivos con respecto a la mejora de la fuerza.

2. HOMBRES

2.1. EFECTOS SOBRE LA FUERZA

Se ha encontrado un efecto significativo del momento ($F_{1,14} = 14.172$; $p < 0.002$) y de la interacción momento*grupo en la fuerza dinámica-concéntrica en bíceps ($F_{1,14} = 9.069$; $p < 0.009$). No existen diferencias

entre grupos ni al principio ni al final del período de entrenamiento. Sin embargo cuando vemos la evolución dentro de cada grupo, se observa un incremento significativo en el grupo experimental ($F_{1,6} = 32.243$; $p < 0.001$) pero no en el grupo control (Tabla 8.1.).

		F	G.L.	P
FUERZA MÁXIMA EN BICEPS BRAQUIAL	Grupo	0.088	1/14	0.771
	Momento	14.172	1/14	0.002
	Grupo*Momento	9.069	1/14	0.009
FUERZA MÁXIMA EN TRICEPS BRAQUIAL	Grupo	2.746	1/14	0.120
	Momento	5.145	1/14	0.040
	Grupo*Momento	1.648	1/14	0.220
POTENCIA ABDOMINAL	Grupo	7.270	1/14	0.017
	Momento	0.822	1/14	0.380
	Grupo*Momento	2.444	1/14	0.140
FUERZA-RESISTENCIA EN CUADRICEPS DERECHO.	Grupo	0.026	1/14	0.874
	Momento	0.101	1/14	0.756
	Grupo*Momento	0.001	1/14	0.981
FUERZA-RESISTENCIA EN CUADRICEPS IZQUIERDO.	Grupo	0.803	1/14	0.385
	Momento	0.640	1/14	0.437
	Grupo*Momento	0.045	1/14	0.835

Tabla 8.1: ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS DE LOS NIVELES DE FUERZA EN HOMBRES EN EL PERIODO 2.

Además, existe un efecto significativo del grupo en la potencia abdominal ($F_{1,14} = 7.270$; $p < 0.017$). Al inicio de este período, el grupo experimental muestra niveles significativamente superiores a los del grupo control ($t = 3.481$; $p < 0.002$). La evolución intragrupo es diferente, mostrando en este caso, sólo mejoras significativas el grupo control ($F_{1,8} = 6.031$; $p < 0.040$) (Figura 8.1.).

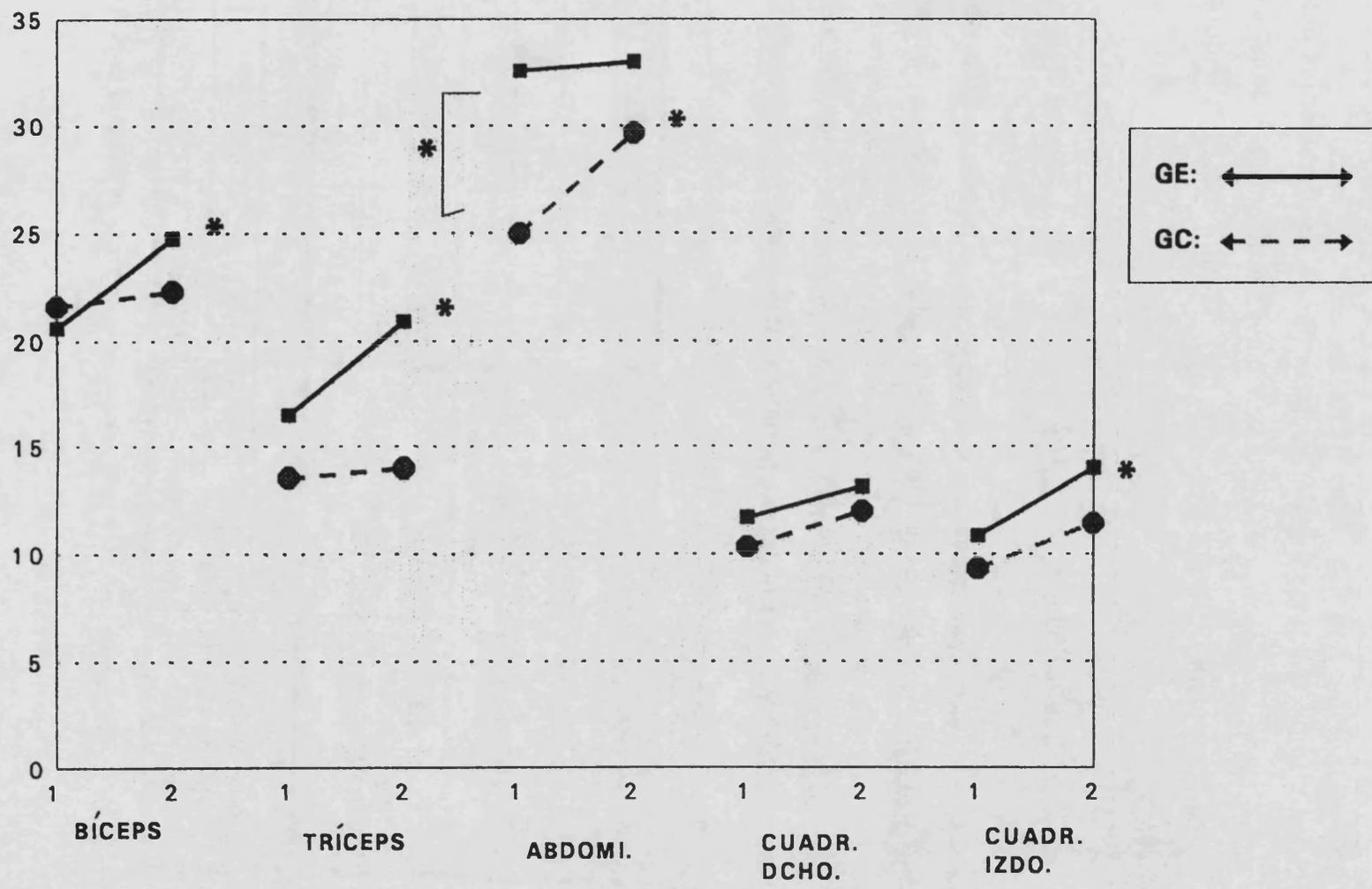


Fig. 8.1.: Evolución de la fuerza en hombres durante el período 2 de entrenamiento

También se ha encontrado un efecto significativo del momento sobre el tríceps ($F_{1,14} = 5.145$; $p < 0.040$)

Los cambios porcentuales confirman los incrementos detectados en la fuerza dinámica-concéntrica del biceps braquial en el grupo experimental en comparación al grupo control ($t = 3.169$; $p < 0.007$) (Figura 8.2.).

2.2. RESPUESTA HORMONAL

No hay efectos significativos sobre los niveles de testosterona (Figura 8.3.) ni sobre los cambios porcentuales (Figura 8.4.). Sin embargo, los cambios son en la misma dirección que en el período anterior aunque de menor cuantía, mostrando el grupo experimental tendencia a disminuir y el control a aumentar esta hormona (Tabla 8.2.).

		F	G.L.	P
TESTOSTERONA PRE Y POST ENTRENAMIENTO	Grupo	1.529	1/10	0.245
	Momento	2.656	2/20	0.095
	Grupo*Momento	3.042	2/20	0.070
CORTISOL PRE Y POST ENTRENAMIENTO	Grupo	6.201	1/10	0.032
	Momento	0.182	2/20	0.835
	Grupo*Momento	0.207	2/20	0.815
T/C PRE Y POST ENTRENAMIENTO.	Grupo	0.009	1/10	0.926
	Momento	1.651	2/20	0.217
	Grupo*Momento	1.133	2/20	0.342

Tabla 8.2. ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS DE NIVELES HORMONALES EN HOMBRES EN EL PERIODO 2.

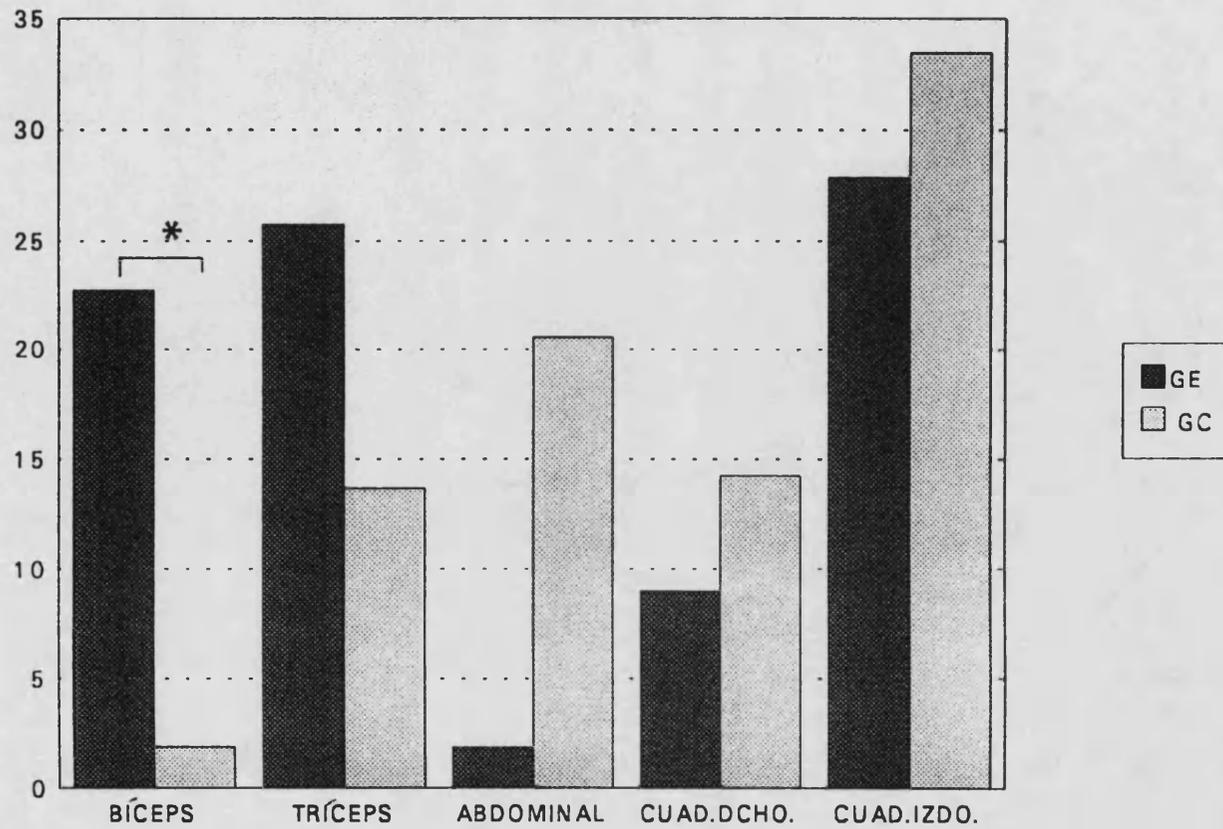


Figura 8.2.: Cambios de la fuerza en hombres durante el período 2

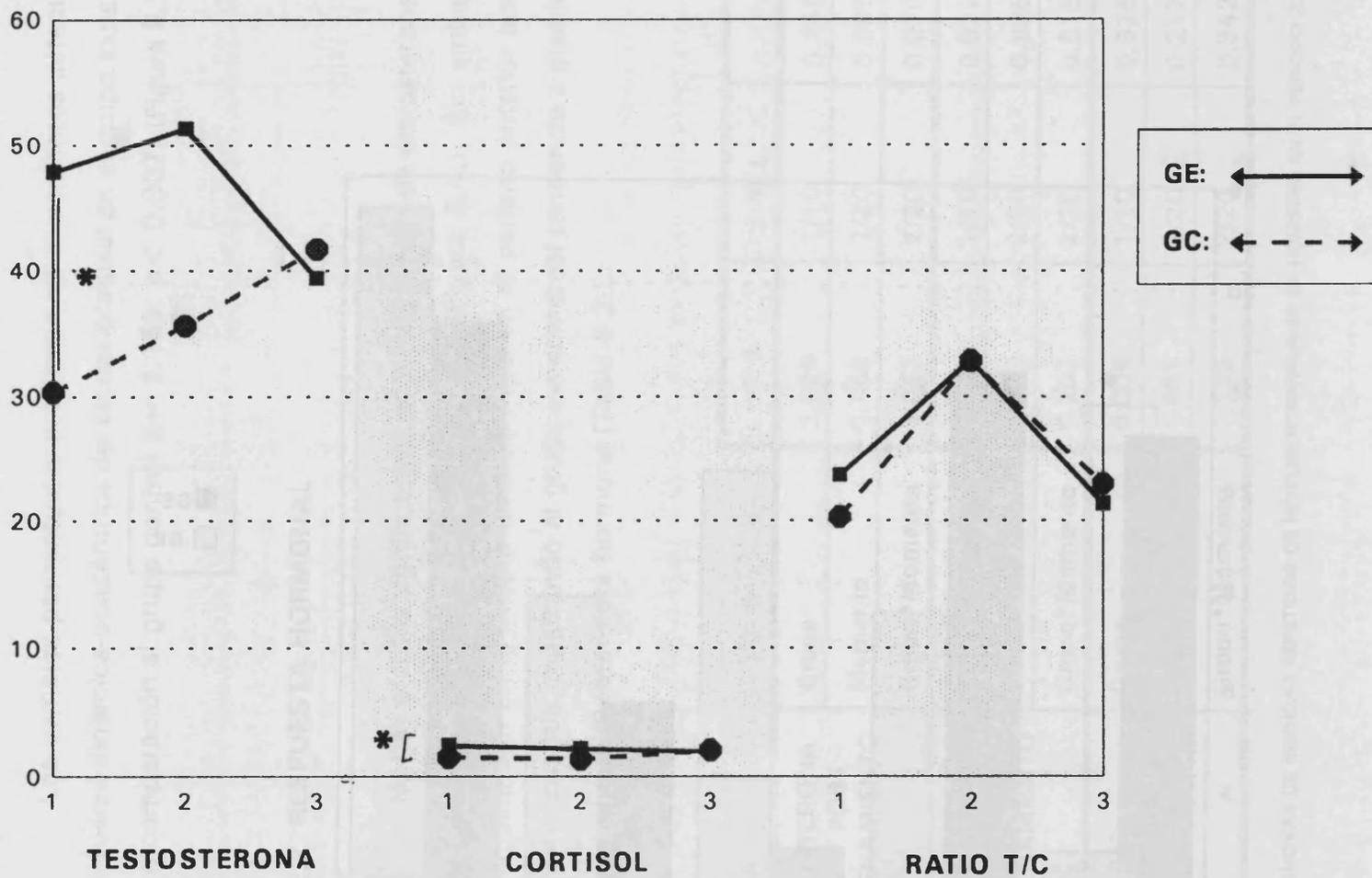


Figura 8.3.: Evolución de los niveles hormonales en hombres durante el período 2 de entrenamiento

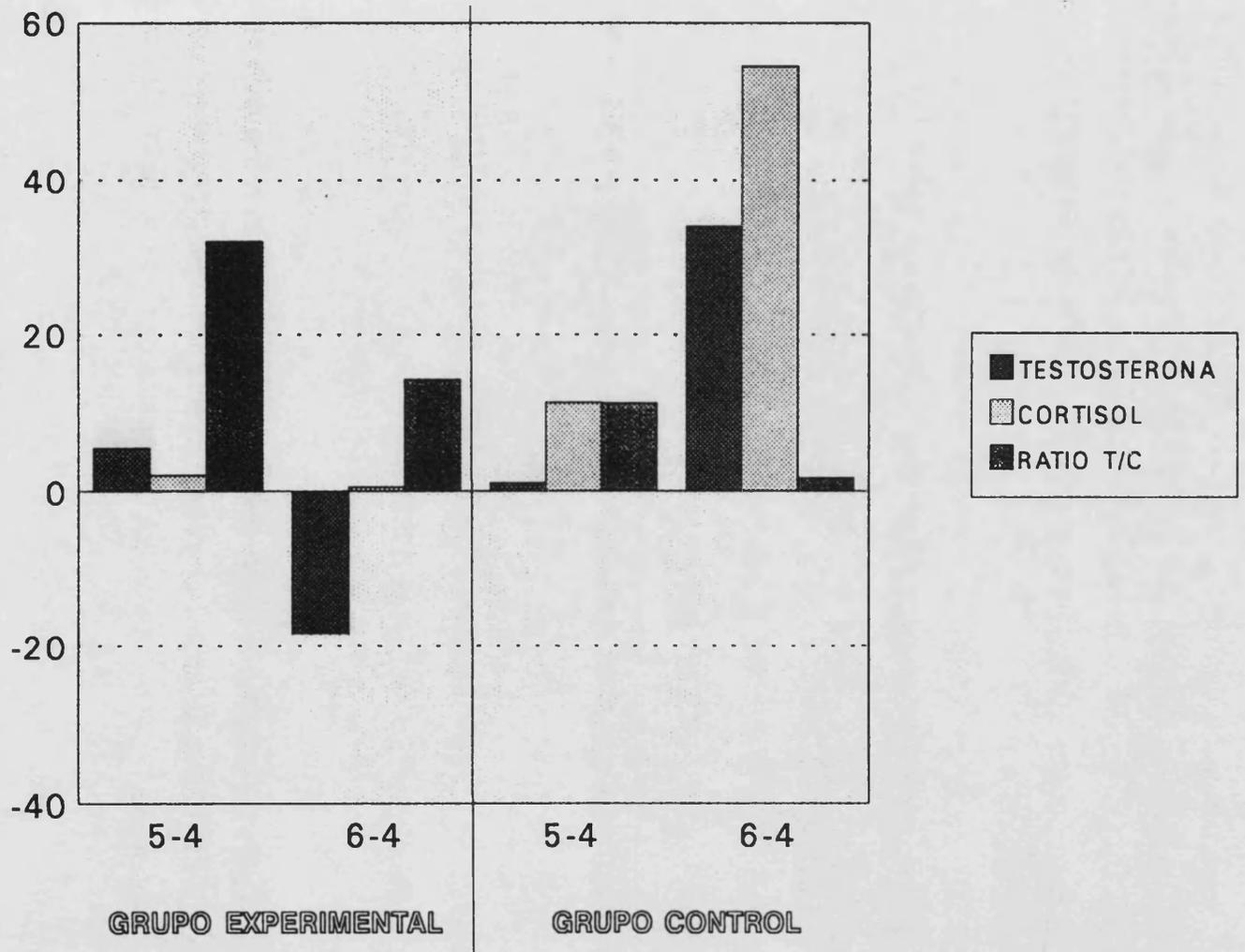


Figura 8.4.: Cambios de los niveles hormonales en hombres durante el período 2

Respecto a los niveles de cortisol, existe un efecto significativo del grupo ($F_{1,10} = 6.201$; $p < 0.032$). Aunque no se han encontrado diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las muestras recogidas, ni efectos significativos del momento en ninguno de los grupos considerados, puede apreciarse que el grupo al que se le aplicó el programa de entrenamiento de fuerza parte de niveles de cortisol significativamente superiores ($t = 2.309$; $p < 0.038$) a los encontrados en el otro grupo (Figura 8.3.). La respuesta del cortisol expresada como cambios porcentuales no se ve afectada significativamente por el entrenamiento aplicado en este período (Figura 8.4.)

Por último, no hay efectos significativos sobre los niveles o los cambios en la ratio T/C (Figuras 8.3. y 8.4.), observándose un patrón de descensos similar a ambos grupos.

2.3. ESTADOS DE ÁNIMO

Existe un efecto significativo del momento sobre la subescala de depresión ($F_{2,22} = 4.184$; $p < 0.029$), pero no del grupo o de la interacción momento*grupo (Tabla 8.3.).

En el resto de subescalas y en la puntuación total no se han encontrado efectos significativos. Sin embargo, como puede apreciarse en las figuras 8.5 y 8.6., el grupo control muestra puntuaciones superiores que el grupo experimental en las subescalas de tensión, depresión, cólera y total.

Tampoco se han encontrado diferencias entre grupos en los cambios de las distintas puntuaciones obtenidas mediante el POMS (Figura 8.7.)

		F	G.L.	P
TENSIÓN	Grupo	0.905	1/11	0.362
	Momento	0.173	2/22	0.842
	Grupo*Momento	0.173	2/22	0.842
DEPRESIÓN	Grupo	0.563	1/11	0.469
	Momento	0.557	2/22	0.581
	Grupo*Momento	0.074	2/22	0.929
CÓLERA	Grupo	1.201	1/11	0.297
	Momento	1.608	2/22	0.223
	Grupo*Momento	1.847	2/22	0.181
VIGOR	Grupo	0.251	1/11	0.626
	Momento	0.922	2/22	0.413
	Grupo*Momento	0.887	2/22	0.426
FATIGA	Grupo	0.120	1/11	0.736
	Momento	0.084	2/22	0.919
	Grupo*Momento	0.011	2/22	0.989
CONFUSIÓN	Grupo	0.274	1/11	0.611
	Momento	0.952	2/22	0.401
	Grupo*Momento	0.693	2/22	0.510
TOTAL	Grupo	0.552	1/11	0.473
	Momento	0.745	2/22	0.486
	Grupo*Momento	0.369	2/22	0.696

Tabla 8.3. ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS DE LOS ESTADOS DE ÁNIMO (POMS) EN HOMBRES. PERIODO 2.

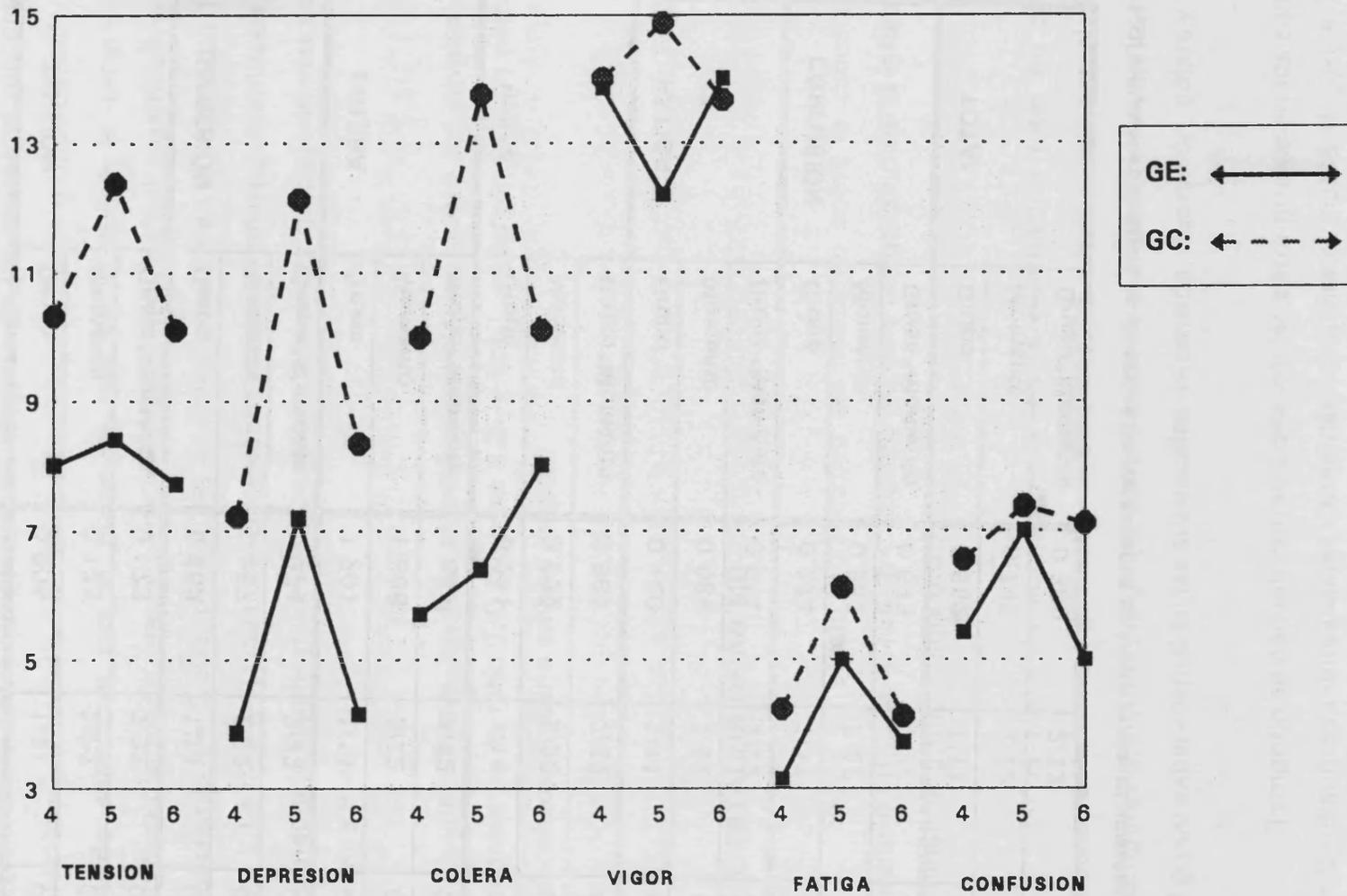


Figura 8.5.: Evolucion de los estados de animo en hombres durante el periodo 2 de entrenamiento

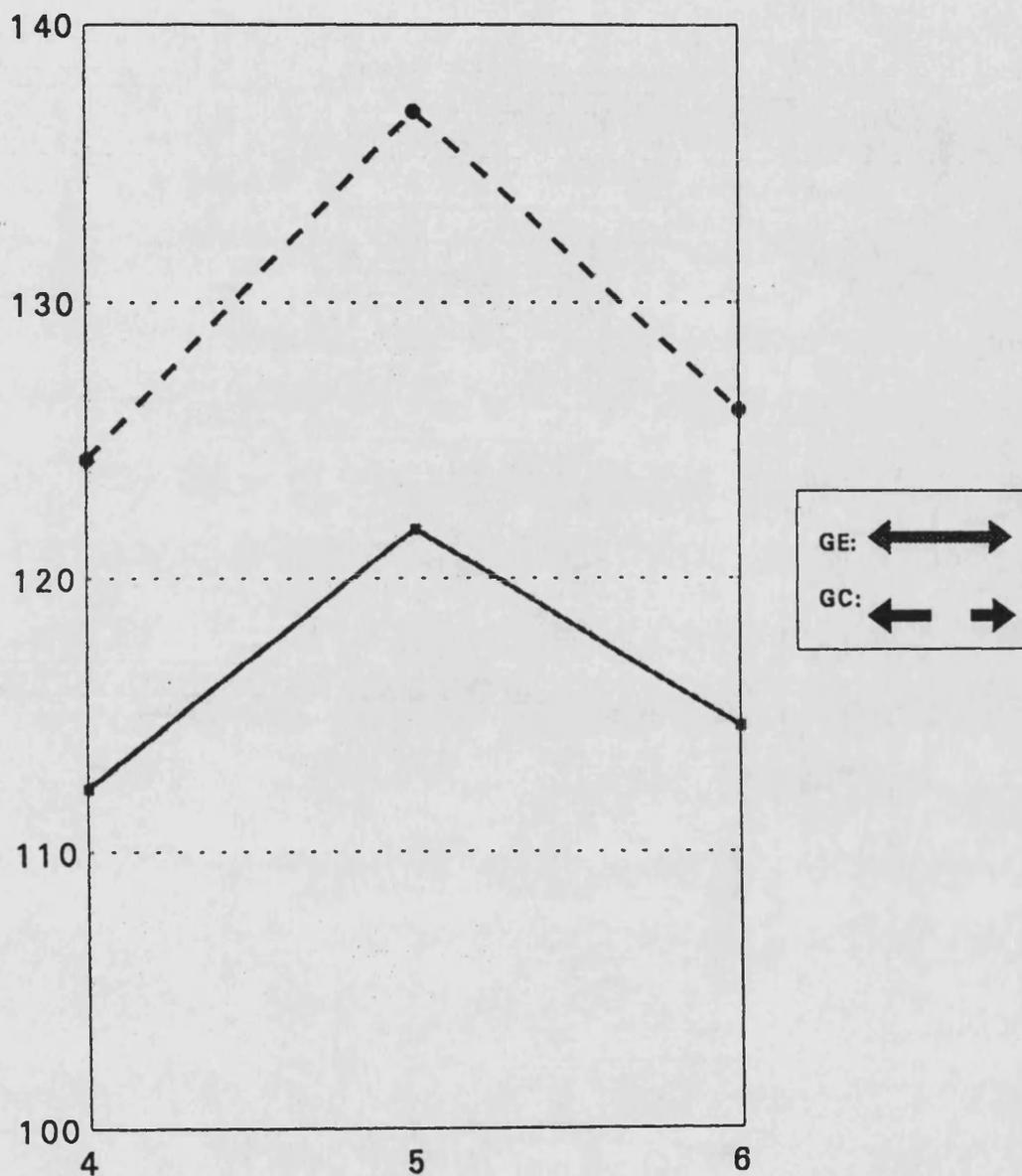


Figura 8.6. Puntuación total del POMS en hombres durante el período 2

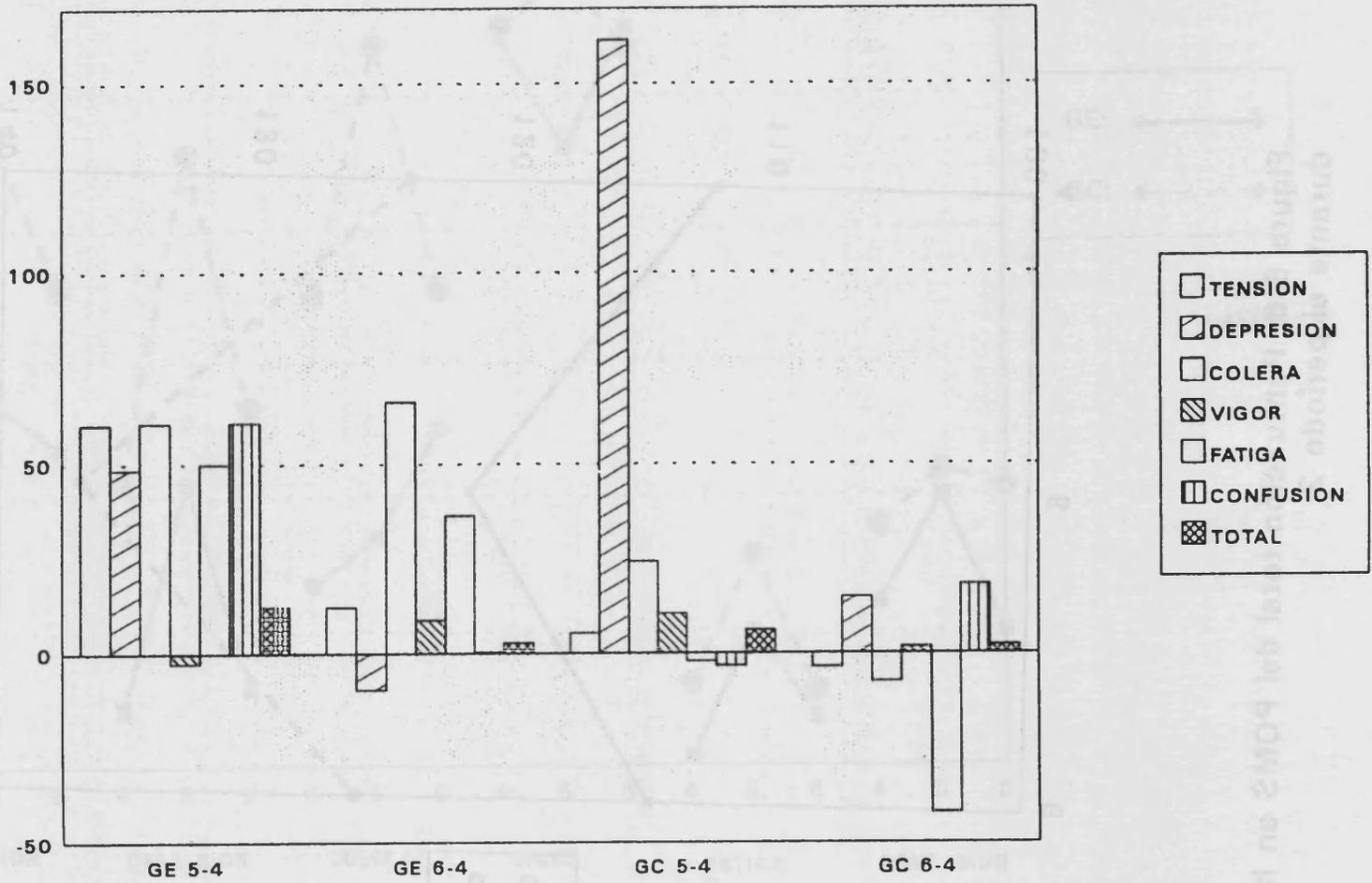


Figura 8.7.: Cambios de las subescalas del POMS y total en hombres durante el periodo 2

3. MUJERES

3.1. EFECTOS SOBRE LA FUERZA

Existe un efecto significativo de la interacción momento * grupo sobre la fuerza-resistencia del cuádriceps izquierdo ($F_{1,6} = 9.292$; $p < 0.023$). Aunque no hay diferencias significativas entre los grupos ni al principio ni al final del entrenamiento, el grupo al que se le aplicó el programa de entrenamiento muestra aumentos significativos en la fuerza de este grupo muscular ($t = -3.780$; $p < 0.013$), que no se encuentran en el grupo control (Figura 8.8.) (Tabla 8.4.).

		F	G.L.	P
FUERZA MÁXIMA EN BICEPS BRAQUIAL	Grupo	0.176	1/8	0.686
	Momento	9.335	1/8	0.016
	Grupo * Momento	4.509	1/8	0.066
FUERZA MÁXIMA EN TRICEPS BRAQUIAL	Grupo	0.589	1/8	0.465
	Momento	8.723	1/8	0.018
	Grupo * Momento	4.155	1/8	0.076
POTENCIA ABDOMINAL.	Grupo	0.131	1/8	0.727
	Momento	1.605	1/8	0.241
	Grupo * Momento	0.581	1/8	0.468
FUERZA-RESISTENCIA EN CUADRICEPS DERECHO	Grupo	1.210	1/7	0.308
	Momento	3.506	1/7	0.103
	Grupo * Momento	1.073	1/7	0.335
FUERZA-RESISTENCIA EN CUADRICEPS IZQUIERDO.	Grupo	0.699	1/6	0.435
	Momento	13.445	1/6	0.010
	Grupo * Momento	9.292	1/6	0.023

Tabla 8.4. ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS DE LOS NIVELES DE FUERZA EN MUJERES EN EL PERÍODO 2.

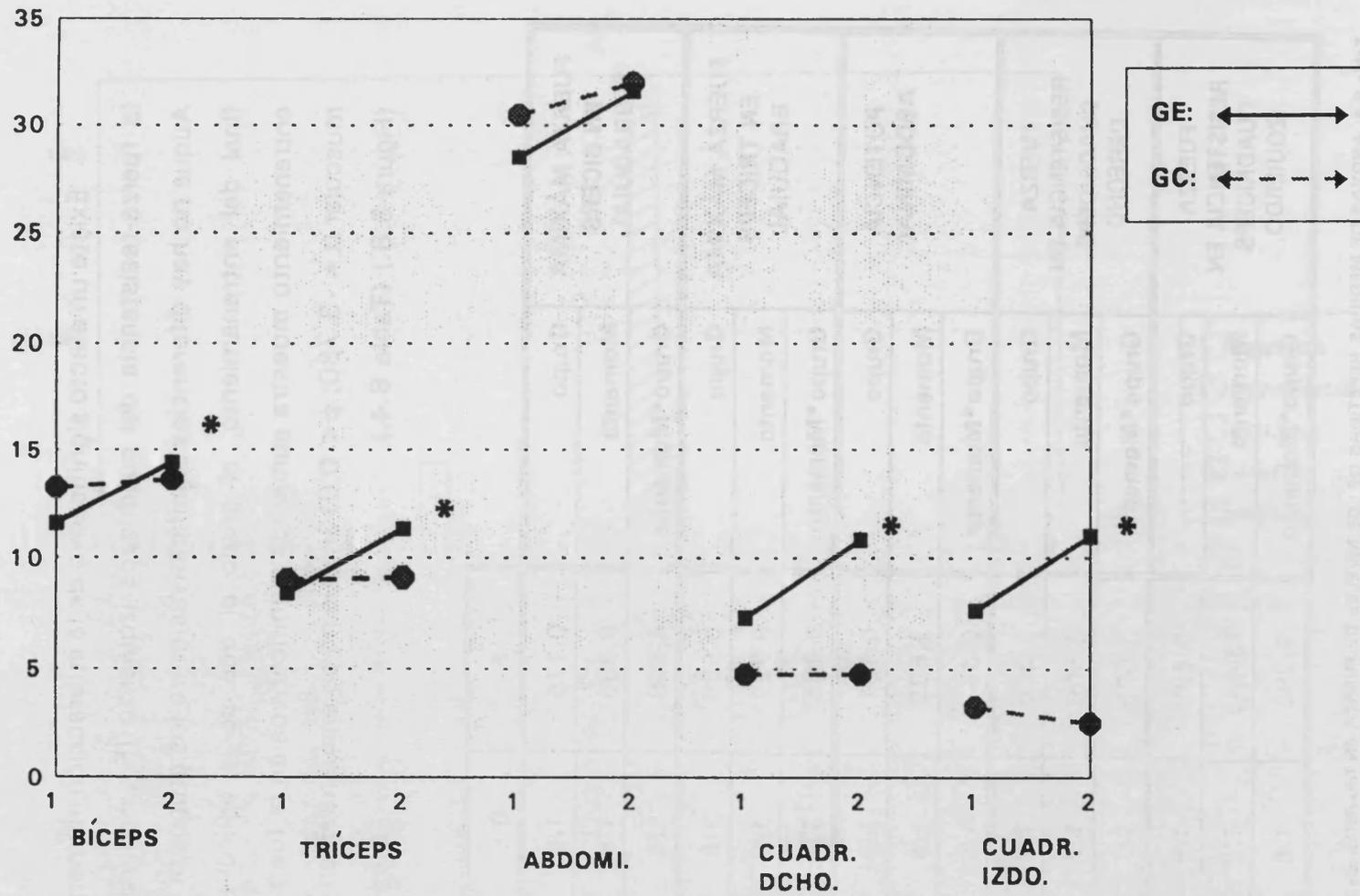


Figura 8.8.: Evolución de la fuerza en mujeres durante el período 2 de entrenamiento

Además, hay un efecto significativo del momento ($F_{1,8} = 9.335$; $p < 0.016$) y una tendencia a la significación de la interacción momento*grupo ($F_{1,8} = 4.509$; $p < 0.066$) en la fuerza dinámica del bíceps. En este sentido, el grupo experimental muestra mejoras significativas en fuerza ($t = -3.840$; $p < 0.012$) que no se encuentran en el grupo control (Figura 8.8.) (Tabla 8.4.). Igualmente hay efecto significativo del momento ($F_{1,8} = 13.445$; $p < 0.010$) y una significación de la interacción momento*grupo ($F_{1,8} = 9.292$; $p < 0.023$) en la fuerza resistencia del cuádriceps izquierdo (tabla 8.4.).

Existe un efecto significativo del momento ($F_{1,8} = 8.723$; $p < 0.018$) y una tendencia a la significación de la interacción momento*grupo ($F_{1,8} = 4.155$; $p < 0.076$) en la fuerza estimada en el tríceps. En este caso, se observa una mejora significativa sobre los niveles de fuerza en el GE ($t = -4.250$; $p < 0.008$) no observado en el GC (Figura 8.8.) (Tabla 8.4.).

No existen efectos significativos sobre la potencia abdominal y sobre la fuerza-resistencia del cuádriceps derecho (Tabla 8.4.).

Los cambios en fuerza de ambos grupos no muestran diferencias significativas estadísticamente. Sin embargo, en general se observan mayores incrementos en el grupo experimental en comparación con el grupo control. En el caso de la fuerza-resistencia del cuádriceps izquierdo, hay ascensos en el grupo al que se le aplicó el entrenamiento y descensos en el grupo control (Figura 8.9.).

3.2. RESPUESTA HORMONAL

El ANOVA de medidas repetidas con el factor grupo (3 x 2) muestra que no existen efectos significativos sobre los niveles de testosterona, cortisol o la ratio T/C (Figura 8.10.) (Tabla 8.5.).

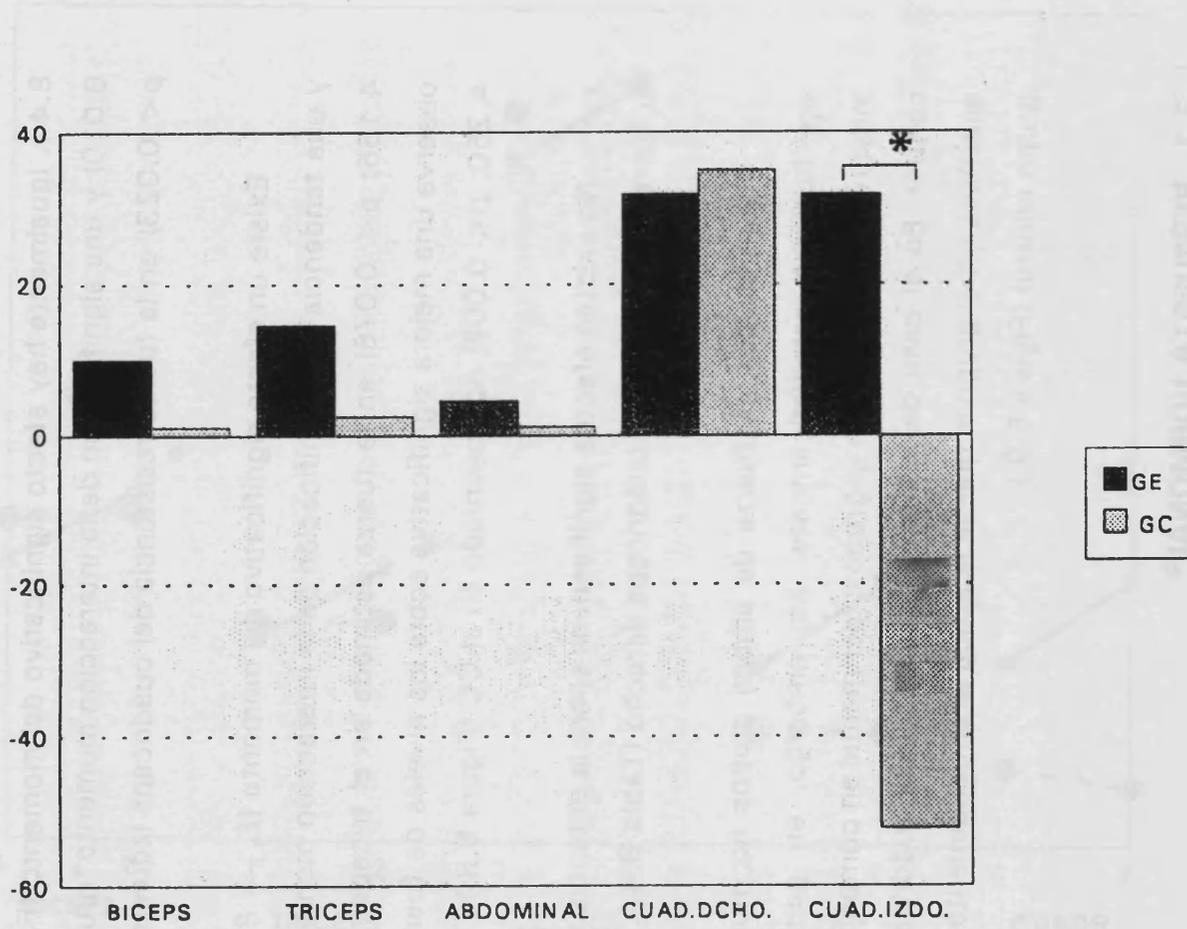


Figura 8.9.: Cambios de la fuerza en mujeres durante el periodo 2

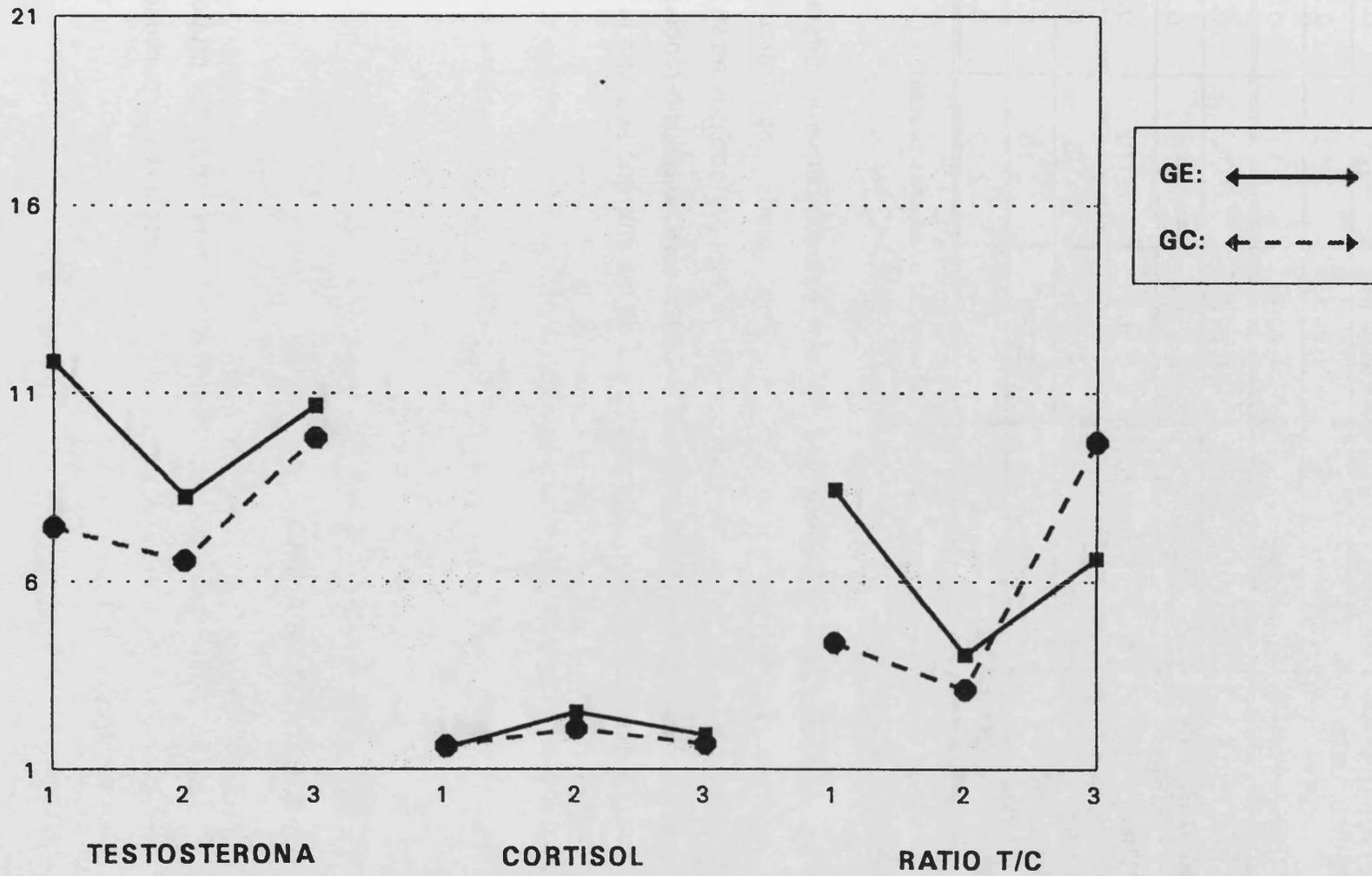


Figura 8.10.: Evolución de los niveles hormonales en mujeres durante el período 2 de entrenamiento

		F	G.L.	P
TESTOSTERONA PRE DURANTE Y POST ENTRENAMIENTO	Grupo	4.021	1/6	0.092
	Momento	1.805	2/12	0.206
	Grupo*Momento	1.899	2/12	0.192
CORTISOL PRE DURANTE Y POST ENTRENAMIENTO	Grupo	0.090	1/5	0.776
	Momento	0.270	2/10	0.769
	Grupo*Momento	0.102	2/10	0.904
RATIO T/C PRE DURANTE Y POST ENTRENAMIENTO	Grupo	4.401	1/5	0.090
	Momento	2.288	2/10	0.152
	Grupo*Momento	2.171	2/10	0.165

Tabla 8.5. ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS DE NIVELES HORMONALES EN MUJERES EN PERÍODO 2.

Los cambios hormonales no son estadísticamente diferentes en función del entrenamiento. Sin embargo, pueden apreciarse bruscos ascensos en cortisol en la primera mitad de este período que no se aprecian en el grupo control (Figura 8.11.). Posiblemente, estas diferencias no son estadísticamente significativas a causa de las diferencias entre la varianza de cada uno de los grupos y el número de la muestra.

3.3. ESTADO DE ÁNIMO

No existen efectos significativos del momento, del grupo o de la interacción entre ambos factores sobre las subescalas y la puntuación total del POMS (Tabla 8.6.).

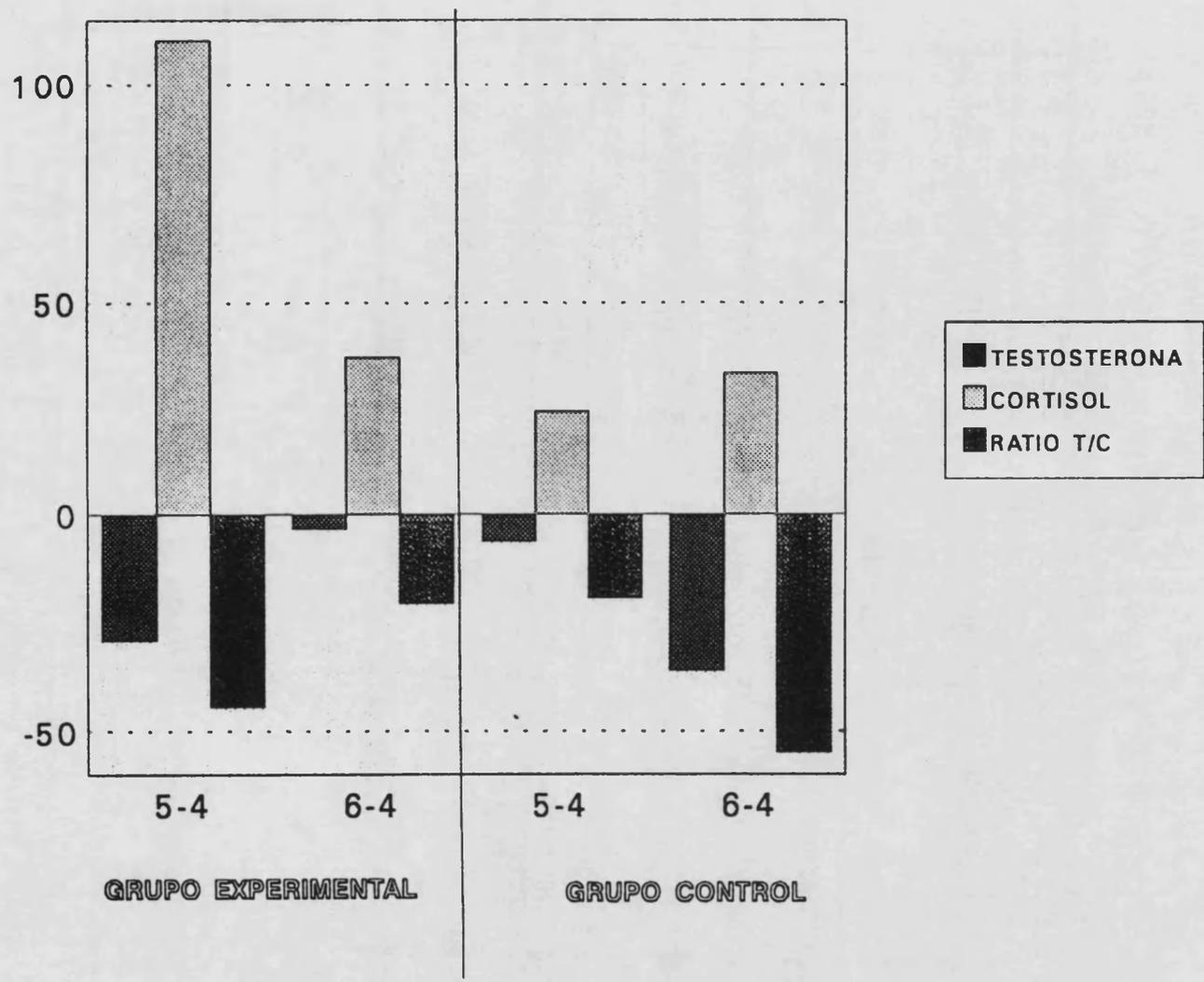


Figura 8.11.: Cambios de los niveles hormonales en mujeres durante el período 2

Sin embargo, puede apreciarse un efecto del grupo sobre las puntuaciones de confusión cercano a la significación estadística ($F_{1,6} = 5.352$; $p < 0.060$). Si exploramos este efecto, encontramos diferencias en confusión en la mitad del período de entrenamiento, mostrando el grupo experimental puntuaciones superiores a las del grupo control cercanas a la significación estadística ($t = 3.166$; $p < 0.019$).

		F	G.L.	P
TENSIÓN	Grupo	0.036	1/6	0.855
	Momento	0.573	2/12	0.578
	Grupo*Momento	0.684	2/12	0.523
DEPRESIÓN	Grupo	1.703	1/6	0.240
	Momento	2.871	2/12	0.096
	Grupo*Momento	1.758	2/12	0.214
CÓLERA	Grupo	1.061	1/6	0.343
	Momento	0.945	2/12	0.416
	Grupo*Momento	0.572	2/12	0.579
VIGOR	Grupo	0.049	1/6	0.832
	Momento	0.348	2/12	0.713
	Grupo*Momento	0.230	2/12	0.798
FATIGA	Grupo	1.919	1/6	0.215
	Momento	3.300	2/12	0.072
	Grupo*Momento	2.473	2/12	0.126
CONFUSIÓN	Grupo	5.352	1/6	0.060
	Momento	1.541	2/12	0.254
	Grupo*Momento	1.445	2/12	0.274
TOTAL	Grupo	2.126	1/6	0.195
	Momento	3.349	2/12	0.070
	Grupo*Momento	2.150	2/12	0.159

Tabla 8.6. ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS DE LOS ESTADOS DE ÁNIMO (POMS) EN MUJERES. PERÍODO 2.

También existe una tendencia a la significación del momento en la fatiga ($F_{2,12} = 3.300$; $p < 0.072$) y en la puntuación total ($F_{2,12} = 3.349$; $p < 0.070$) (Tabla 8.6.)

En general, como puede apreciarse en las Figuras 8.12 y 8.13., el grupo experimental muestra patrones de respuesta diferentes a los del grupo control en las subescalas de depresión, cólera, vigor, fatiga, confusión y la puntuación total. En las subescalas de carácter negativo, el grupo al que se le aplicó el programa de entrenamiento muestra ascensos en la primera mitad del período y descensos más o menos suaves en la segunda mitad hasta igualarse con el grupo control. Este último grupo muestra el patrón contrario.

En este sentido, los cambios porcentuales de las distintas subescalas muestran que existen diferencias significativas en depresión y cólera en la segunda mitad del entrenamiento ($t = -4.899$; $p < 0.004$ y $t = -3.232$; $p < 0.014$ respectivamente). En el caso de la subescala de depresión, el grupo experimental muestra ligeros descensos mientras que el control muestra bruscos ascensos. En el caso de la subescala de cólera, los ascensos del grupo control son mucho más importantes que los encontrados en el grupo experimental (Figura 8.14.).

Además, en la primera mitad del entrenamiento, el grupo experimental tiene incrementos en confusión significativamente diferentes en relación a los descensos que se producen en el grupo control ($t = 3.046$; $p < 0.023$).

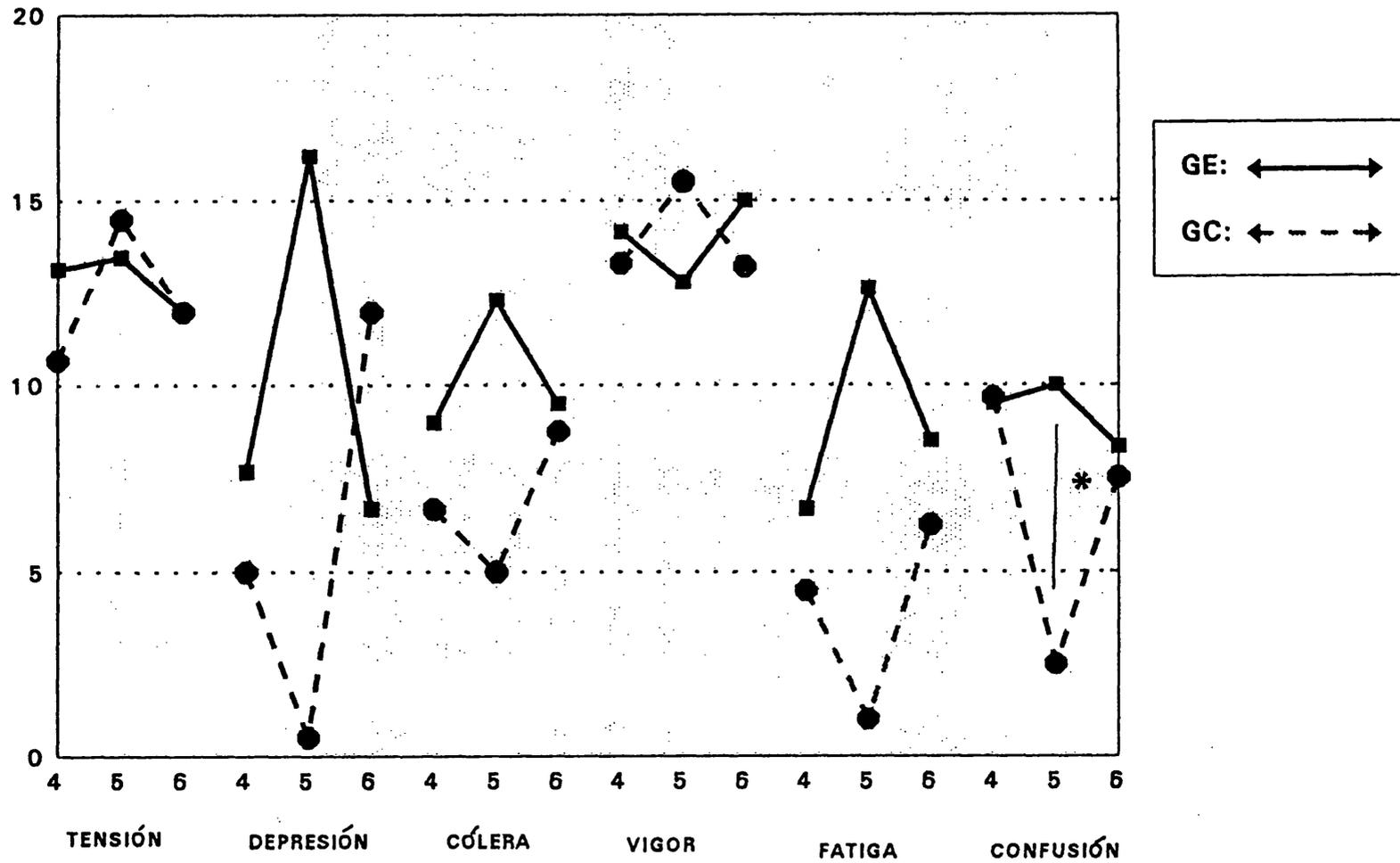


Figura 8.12.: Evolución de los estados de ánimo en mujeres durante el período 2 de entrenamiento

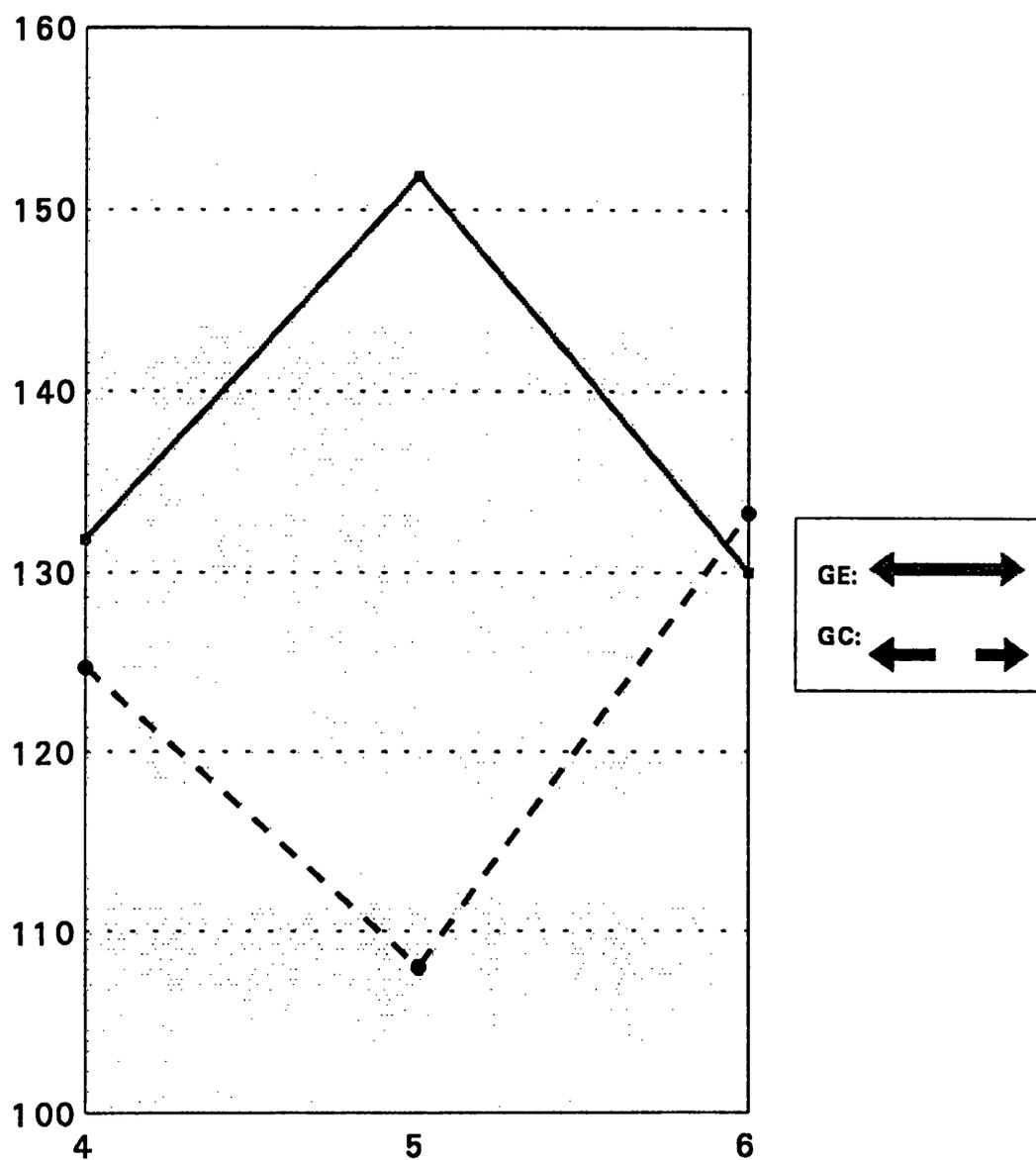


Figura 8.13. Puntuación total del POMS en mujeres durante el período 2

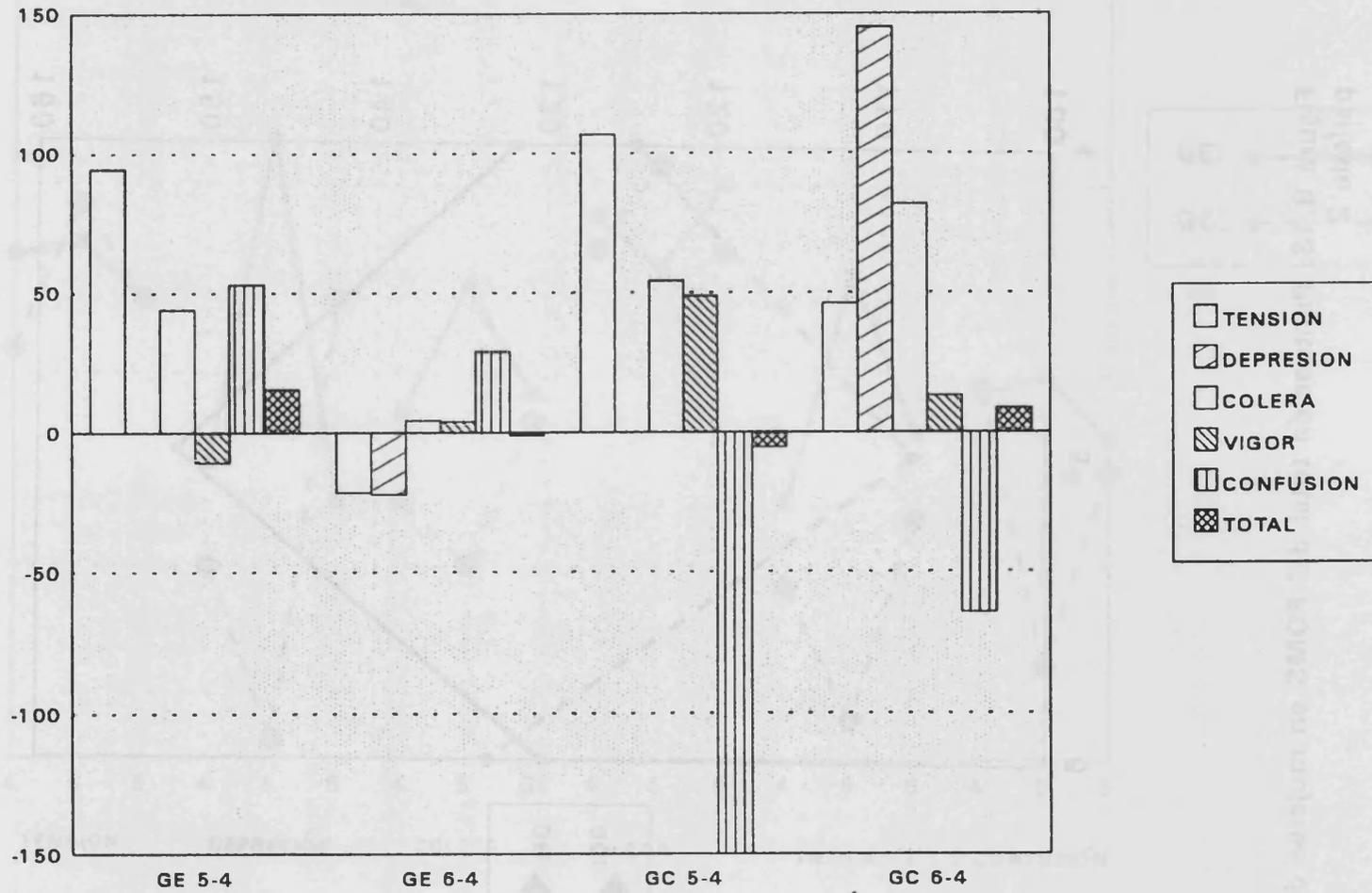


Figura 8.14.: Cambios de las subescalas del POMS y total en mujeres durante el período 2

CAPÍTULO 9

EFFECTOS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO

EFECTOS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo presentamos el análisis de la evolución del grupo sometido a entrenamiento durante todo el proceso, comprobando cómo responden los hombres y las mujeres, la influencia de la actividad deportiva extra al programa, así como la aplicación de los distintos criterios de sobreentrenamiento a nivel individual. También hemos realizado las correlaciones entre las diversas variables estudiadas.

Las mediciones hormonales, muestran unos valores de testosterona en todas las medidas en hombres entre 11.16 y 87.50 pgr./ml. que corresponden a 38.69 y 303.36 pmol/l. respectivamente. Los valores en adultos en la literatura están entre 91.55 y 577 pmol./l.. Durante el primer período hay dos casos de 32.84 y 45.41 pgr./ml.. En mujeres, los valores de testosterona están entre 2.31 y 27.93 pgr./ml. (8.009 y 96.83 pmol/l. respectivamente). En lo que se refiere a niveles de cortisol, los rangos de hombres se encuentran entre 0.68 y 2.89 ngr./ ml. que corresponden a 1.88 y 7.98 nmol/l. respectivamente. En la literatura, los valores en adultos están entre 5.2 y 23.4 nmol/l.. En el primer período hay dos casos de 5.52 y de 5.19 ngr./ml. y en el segundo período un caso de 7.23 ngr./ml.. Durante el segundo período, algunos (5) alcanzan valores entre 3.12 y 4.84 ngr./ml. Sólo en un caso, un sujeto en la medición 3 alcanza un valor de 8.22 ngr./ml. En mujeres los rangos están entre 0.66 y 3.83 ngr./ml. (equivalente a 1.82 y 10.57 nmol/l. respectivamente).

2. MODIFICACIONES PRODUCIDAS POR EL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO

2.1. EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS EN EL GRUPO EXPERIMENTAL

2.1.1. Fuerza

2.1.1.1. Hombres

Si comparamos los valores iniciales y finales de las medidas de fuerza en el grupo experimental, sin diferenciar períodos, encontramos que se han producido mejoras significativas en fuerza máxima de bíceps ($t=-3.751$; $p<0.009$), en fuerza máxima de tríceps ($t=-6.045$; $p<0.001$) y en potencia abdominal ($t=-2.839$; $p<0.030$) y casi significativas en la fuerza resistencia de los dos cuádriceps: derecho ($t=-2.291$; $p<0.062$) e izquierdo ($t=-2.236$; $p<0.067$) tal y como se desprende de los datos de la tabla 9.1.(figura 9.1.).

2.1.1.2. Mujeres:

Se constatan mejoras significativas en todas las pruebas de fuerza medidas (tabla 9.1.): fuerza máxima de bíceps ($t=-3.914$; $p<0.011$), fuerza máxima de tríceps ($t=-9.136$; $p<0.000$), potencia abdominal ($t=-5.268$; $p<0.003$), fuerza resistencia del cuádriceps derecho ($t=-5.195$; $p<0.003$) y fuerza resistencia del cuádriceps izquierdo ($t=-5.362$; $p<0.003$) (figura 9.1.).

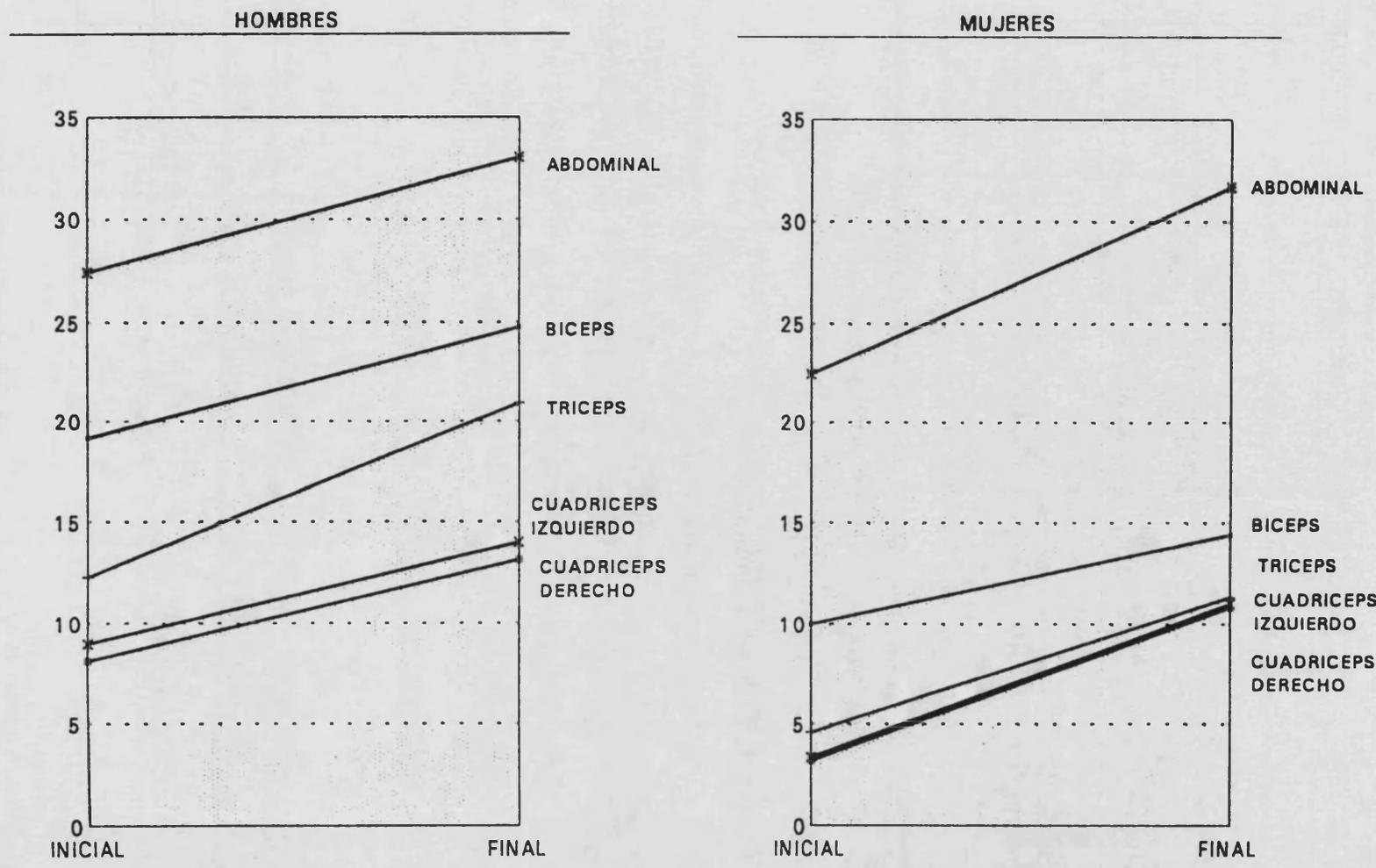


Figura 9.1.: DATOS DE FUERZA DE LOS PARTICIPANTES EN EL ENTRENAMIENTO AL COMIENZO Y AL FINAL. (Biceps y triceps en kgs. y abdominales y cuadriceps en repeticiones)

	HOMBRES		MUJERES	
	t	p	t	p
BICEPS pre y postentrenamiento	-3.751	0.009	-3.914	0.011
TRICEPS pre y postentrenamiento	-6.045	0.001	-9.136	0.000
ABDOMINAL pre y postentrenamiento	-2.839	0.030	-5.268	0.003
CUADRICEPS DERECHO pre y postentrenamiento	-2.291	0.062	-5.195	0.003
CUADRICEPS IZQUIERDO pre y postentrenamiento	-2.236	0.067	-5.362	0.003

Tabla 9.1. PRUEBAS t PAREADAS DE LA FUERZA EN HOMBRES Y MUJERES.

2.1.2. Niveles hormonales

Tanto en hombres como en mujeres, no se aprecian modificaciones estadísticamente significativas en la testosterona, el cortisol y la ratio testosterona/cortisol (tabla 9.2) a pesar de que se produce un ligero descenso del nivel de la testosterona y de la ratio testosterona/cortisol y un ligero aumento del cortisol en hombres (Figura 9.2.). En mujeres se dan ligeros descensos en la testosterona, el cortisol y ligero aumento de la ratio T/C (Figura 9.2.).

	HOMBRES		MUJERES	
	t	p	t	p
TESTOSTERONA PRE Y POSTENTRENAMIENTO	0.793	0.472	1.263	0.275
CORTISOL PRE Y POSTENTRENAMIENTO	-0.724	0.509	0.660	0.556
T/C PRE Y POSTENTRENAMIENTO	1.935	0.125	-0.728	0.519

Tabla 9.2. PRUEBAS t PAREADAS DE LOS NIVELES DE HORMONAS EN HOMBRES Y MUJERES

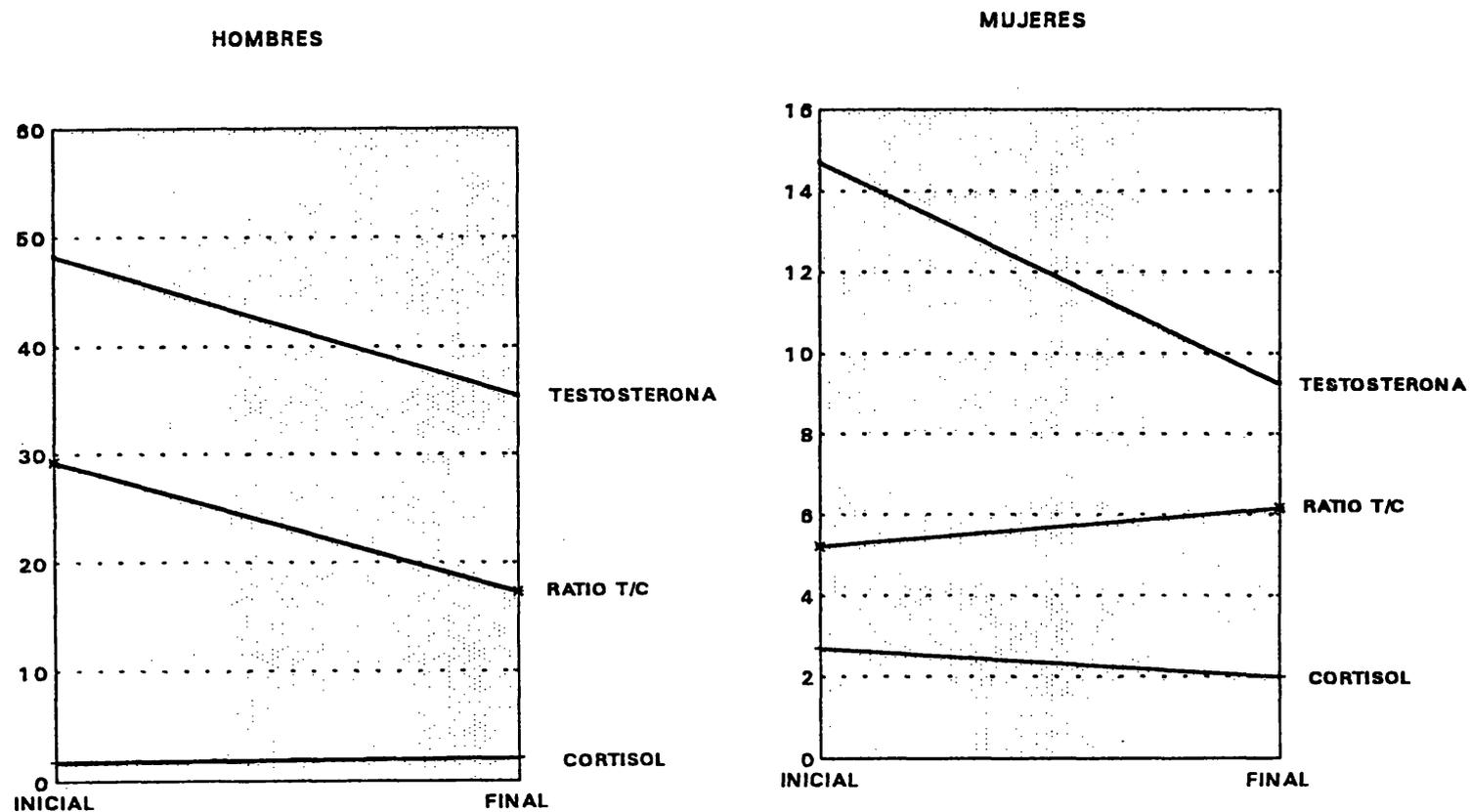


Figura 9.2.: DATOS HORMONALES DE LOS PARTICIPANTES EN EL ENTRENAMIENTO AL COMIENZO Y FINAL. (Testosterona en pgr./ml. y cortisol en ngrs./ml.)

2.1.3. Estados de ánimo

Solamente se produce un incremento estadísticamente significativo en la subescala de vigor ($t=-4.753$; $p<0.018$) en hombres entre el comienzo y final del entrenamiento. En el resto de las subescalas y el total no se producen variaciones significativas (tabla 9.3.).

	HOMBRES		MUJERES	
	t	p	t	p
TENSIÓN PRE Y POSTENTRENAMIENTO	0.500	0.651	0.852	0.433
DEPRESIÓN PRE Y POSTENTRENAMIENTO	-0.837	0.464	1.151	0.302
CÓLERA PRE Y POSTENTRENAMIENTO	0.828	0.468	0.842	0.438
VIGOR PRE Y POSTENTRENAMIENTO	-4.753	0.018	-1.348	0.236
FATIGA PRE Y POSTENTRENAMIENTO	-1.172	0.326	-1.516	0.190
CONFUSIÓN PRE Y POSTENTRENAMIENTO	-0.397	0.718	0.152	0.885
TOTAL PRE Y POSTENTRENAMIENTO	-1.709	0.186	0.496	0.641

Tabla 9.3. PRUEBAS t PAREADAS DE LOS ESTADOS DE ÁNIMO EN HOMBRES Y MUJERES

2.2. COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN CON EL GRUPO CONTROL

2.2.1. Cambios en fuerza

Al comparar los cambios producidos en la fuerza del grupo control con el experimental se constata que ha habido mayores incrementos en fuerza en el grupo que entrenó, aunque de manera significativa en la fuerza del

bíceps de los hombres ($t = 2.284$, $p < 0.039$) y del tríceps de las mujeres ($t = 3.862$, $p < 0.005$) y con una tendencia al incremento en el cuádriceps izquierdo ($t = 2.003$, $p < 0.116$) de las mujeres (tabla 9.4).

	G. EXPERIMENTAL	G. CONTROL	t	p
BICEPS HOMBRES	30.904 (22.056)	9.273 (15.919)	2.284	0.039
BICEPS MUJERES	52.703 (48.250)	9.697 (6.538)	1.737	0.121
TRICEPS HOMBRES	70.336 (25.149)	42.514 (38.891)	1.639	0.124
TRICEPS MUJERES	155.705 (57.863)	28.031 (37.590)	3.862	0.005
ABDOMINAL HOMBRES	21.541 (21.193)	13.496 (26.699)	0.652	0.525
ABDOMINAL MUJERES	40.606 (14.544)	25.406 (22.525)	1.311	0.226
CUADRICEPS DERECHO. HOMBRES	58.912 (69.851)	34.643 (83.105)	0.620	0.545
CUADRICEPS DERECHO MUJERES	238.333(186.115)	122.222(240.707)	0.772	0.469
CUADRICEPS IZQUIERDO HOMBRES	58.605 (60.364)	33.395 (65.511)	0.790	0.443
CUADRICEPS IZQUIERDO MUJERES	312.500(247.721)	-62.500 (53.033)	2.003	0.116

Tabla 9.4.: PRUEBAS t INDEPENDIENTES DE LOS CAMBIOS PRODUCIDOS EN LA FUERZA DE HOMBRES Y MUJERES ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL EXPERIMENTAL.

2.2.2. Cambios en niveles hormonales

Estudiando los cambios sufridos en los niveles hormonales por el grupo control y el experimental, se aprecian diferencias significativas en la ratio testosterona/cortisol de hombres ($t = -2.216$, $p < 0.051$ con decrementos en el grupo experimental e incrementos en el control. Los niveles de testosterona de hombres ($t = -1.412$, $p < 0.188$) también son sensiblemente diferentes aunque no estadísticamente significativos (tabla 9.5.).

	G. EXPERIMENTAL	G. CONTROL	t	p
TESTOSTERONA HOMBRES	-16.926 (79.206)	42.766 (67.096)	-1.412	0.188
TESTOSTERONA MUJERES	4.701 (111.417)	-22.016 (54.649)	0.380	0.717
CORTISOL HOMBRES	31.983 (77.740)	14.303 (32.824)	0.545	0.597
CORTISOL MUJERES	-7.810 (70.621)	-12.433 (32.156)	0.104	0.921
T/C HOMBRES	-35.864 (29.709)	28.357 (59.126)	-2.216	0.051
T/C MUJERES	17.170 (39.336)	6.497 (78.770)	0.239	0.820

Tabla 9.5. PRUEBAS t INDEPENDIENTES DE LOS CAMBIOS PRODUCIDOS EN LOS NIVELES HORMONALES EN HOMBRES Y MUJERES ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL GRUPO EXPERIMENTAL

	G. EXPERIMENTAL	G. CONTROL	t	p
TENSIÓN HOMBRES	-8.542 (61.803)	36.086 (121.522)	-0.680	0.512
TENSIÓN MUJERES	1.650 (81.514)	33.158 (96.308)	-0.518	0.620
DEPRESIÓN HOMBRES	-33.333 (47.140)	38.418 (125.895)	-0.759	0.473
DEPRESIÓN MUJERES	20.912 (202.724)	147.917(371.459)	-0.685	0.515
CÓLERA HOMBRES	108.75 (229.07)	-7.842 (71.652)	1.369	0.201
CÓLERA MUJERES	62.321 (280.429)	253.333(301.717)	-0.942	0.377
VIGOR HOMBRES	-40.807 (7.275)	-7.204 (52.59)	-1.242	0.243
VIGOR MUJERES	-18.978 (51.002)	-7.094 (37.172)	-0.354	0.734
FATIGA HOMBRES	197.222(350.033)	-9.788 (79.171)	1.473	0.184
FATIGA MUJERES	129.762(193.250)	-44.444 (31.427)	1.201	0.284
CONFUSIÓN HOMBRES	11.667 (37.859)	50.082 (147.039)	-0.503	0.626
CONFUSIÓN MUJERES	22.293 (112.337)	29.293 (72.811)	-0.096	0.926
TOTAL HOMBRES	10.662 (12.260)	5.291 (15.106)	0.613	0.554
TOTAL MUJERES	-1.466 (24.519)	15.431 (27.228)	-0.944	0.377

Tabla 9.6.: PRUEBAS t INDEPENDIENTES DE LOS CAMBIOS PRODUCIDOS EN LOS ESTADOS DE ÁNIMO EN HOMBRES Y MUJERES ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL EXPERIMENTAL.

2.2.3. Cambios en los estados de ánimo

No se aprecian diferencias significativas entre los cambios sufridos por el grupo experimental y el grupo control durante el proceso de entrenamiento (tabla 9.6.)

3. COMPARACIÓN DE LOS EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO EN HOMBRES Y MUJERES (GRUPO EXPERIMENTAL)

3.1. Cambios en fuerza

Comparando la fuerza de hombres con mujeres, es claramente superior la de estos previamente al entrenamiento en todos los grupos musculares medidos (Tabla 9.7). El entrenamiento, ha producido mayores mejoras en las mujeres en la fuerza máxima de tríceps ($t = -3.551$; $p < 0.005$) y en la fuerza resistencia del cuádriceps derecho ($t = -2.365$; $p < 0.040$) e izquierdo ($t = -2.678$; $p < 0.025$). En la potencia abdominal se detecta una tendencia a mayor mejora en mujeres que en hombres, que puede justificarse a un mejor efecto del entrenamiento en éstas (tabla 9.8).

		PREVIO AL ENTRENAMIENTO		
		MEDIA (DS)	t	p
BICEPS	HOMBRES	19.000 (3.122)	5.352	0.000
	MUJERES	10.000 (2.898)		
TRICEPS	HOMBRES	12.286 (4.019)	4.543	0.001
	MUJERES	4.583 (1.021)		
ABDOMINAL	HOMBRES	27.429 (3.047)	2.300	0.042
	MUJERES	22.500 (4.637)		
CUADRICEPS DERECHO	HOMBRES	8.143 (4.634)	2.305	0.042
	MUJERES	3.167 (2.714)		
CUADRICEPS IZQUIERDO	HOMBRES	9.000 (3.512)	2.537	0.028
	MUJERES	3.333 (4.546)		

Tabla 9.7. PRUEBAS t INDEPENDIENTES DE LA FUERZA EN HOMBRES CON MUJERES DEL GRUPO EXPERIMENTAL PREVIO AL ENTRENAMIENTO.

		CAMBIOS EN LA FUERZA		
		MEDIA (DS)	t	p
BICEPS	HOMBRES	30.904 (22.056)	-1.077	0.305
	MUJERES	52.703 (48.250)		
TRICEPS	HOMBRES	70.336 (25.149)	-3.551	0.005
	MUJERES	155.705 (57.863)		
ABDOMINAL	HOMBRES	21.541 (21.193)	-1.855	0.091
	MUJERES	40.606 (14.544)		
CUADRICEPS DERECHO	HOMBRES	58.912 (69.851)	-2.365	0.040
	MUJERES	238.333(186.115)		
CUADRICEPS IZQUIERDO	HOMBRES	58.605 (60.364)	-2.678	0.025
	MUJERES	312.500(247.721)		

Tabla 9.8. PRUEBAS t INDEPENDIENTES DE LA FUERZA EN HOMBRES CON MUJERES DEL GRUPO EXPERIMENTAL POSTERIOR AL ENTRENAMIENTO.

3.2. Cambios en los niveles hormonales

Comparando las hormonas entre los hombres y mujeres antes del entrenamiento (tabla 9.9), se presentan en los hombres, niveles significativamente superiores en testosterona ($t = 3.832$; $p < 0.005$) y en la ratio T/C ($t = 3.401$; $p < 0.009$), mientras que el cortisol es superior en la mujer pero sin ser significativamente estadístico.

		PREVIO AL ENTRENAMIENTO		
		MEDIA (DS)	t	p
TESTOSTERONA	HOMBRES	48.290 (17.813)	3.832	0.005
	MUJERES	14.710 (8.163)		
CORTISOL	HOMBRES	1.732 (0.464)	-0.762	0.468
	MUJERES	2.362 (1.790)		
RATIO T/C	HOMBRES	29.240 (11.367)	3.401	0.009
	MUJERES	8.413 (7.631)		

Tabla 9.9. PRUEBAS t INDEPENDIENTES DE LAS HORMONAS EN HOMBRES CON MUJERES DEL GRUPO EXPERIMENTAL PREVIO AL ENTRENAMIENTO.

Al comparar los cambios hormonales producidos por el entrenamiento entre hombres y mujeres, se dan diferencias significativas en la ratio T/C ($t = -2.314$, $p < 0.054$) debido al contraste entre la disminución sufrida por los hombres y el aumento en mujeres (tabla 9.10.).

		CAMBIOS POR EL ENTRENAMIENTO		
		MEDIA (DS)	t	p
TESTOSTERONA	HOMBRES	-16.926 (79.206)	-0.354	0.733
	MUJERES	4.701 (111.417)		
CORTISOL	HOMBRES	31.983 (77.740)	0.793	0.454
	MUJERES	-7.810 (70.621)		
RATIO T/C	HOMBRES	-35.864 (29.709)	-2.314	0.054
	MUJERES	17.170 (39.336)		

Tabla 9.10. PRUEBAS t INDEPENDIENTES DE LOS CAMBIOS HORMONALES EN HOMBRES CON MUJERES DEL GRUPO EXPERIMENTAL DEBIDO AL ENTRENAMIENTO.

4. INFLUENCIA DEL GRADO DE ENTRENAMIENTO

4.1. DIFERENCIAS INICIALES EN FUNCIÓN DEL ENTRENAMIENTO PREVIO

4.1.1. Fuerza

Previamente al comienzo del entrenamiento, al comparar los hombres que hacían actividad deportiva extra y los que no la hacían, comprobamos que existían diferencias en la fuerza resistencia de ambos cuádriceps (tabla 9.11.): derecho ($t = -2.464$; $p < 0.027$) e izquierdo ($t = -2.242$; $p < 0.042$). En la fuerza de los otros grupos musculares no había dicha diferencia tan pronunciada (figura 9.3.).

En las mujeres, no hay diferencias, a pesar de que se aprecia un nivel ligeramente superior en las que entrenan (figura 9.3.).

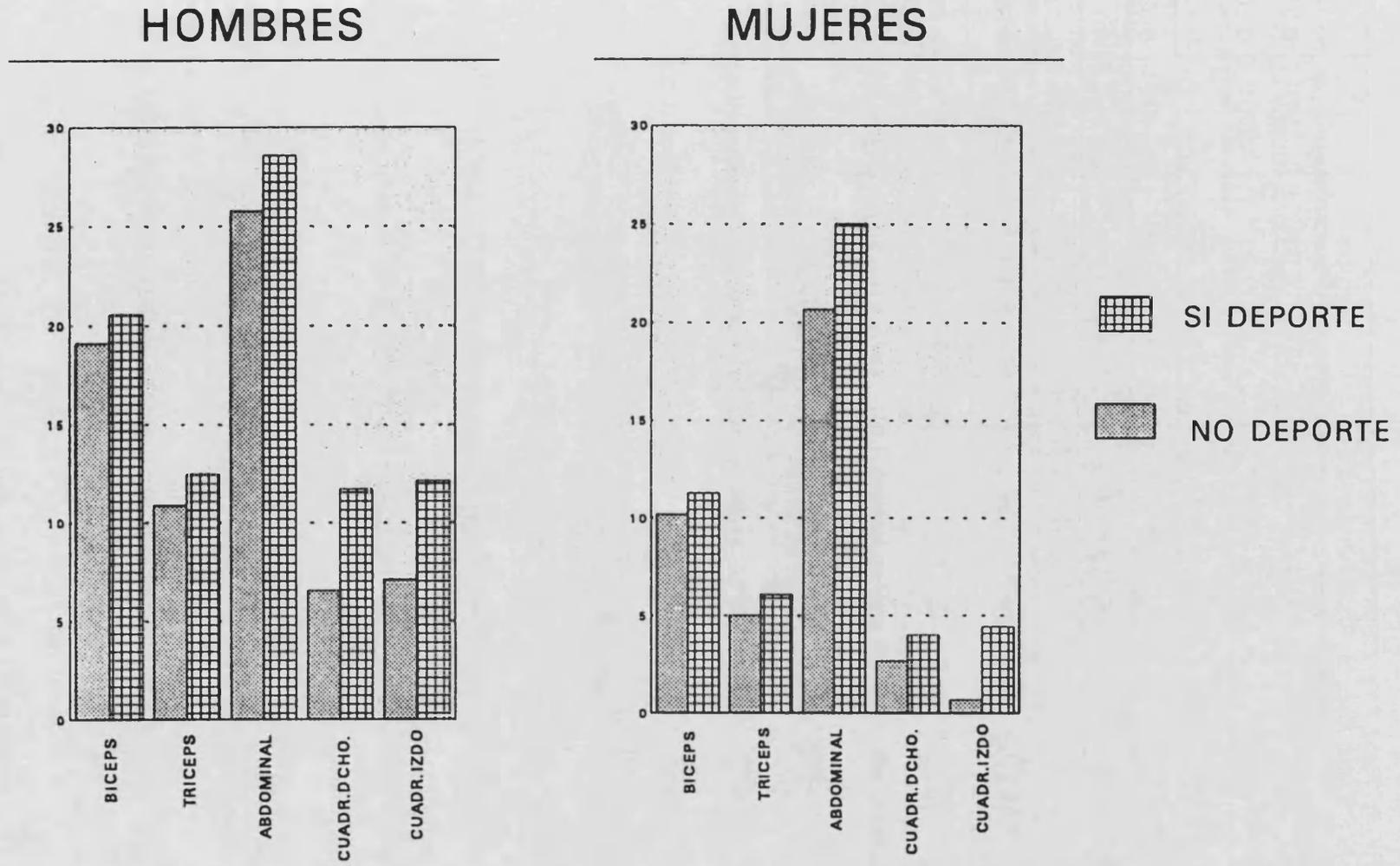


FIGURA 9.3.: DATOS PREVIOS DE FUERZA ENTRE LOS QUE HACEN Y NO HACEN DEPORTE EXTRA.

	NO DEPORTE	SI DEPORTE	t	p
BICEPS HOMBRES	19.111 (5.326)	20.571 (4.504)	-0.581	0.571
BICEPS MUJERES	10.167 (2.517)	11.286 (2.736)	-0.604	0.562
TRICEPS HOMBRES	10.889 (3.863)	12.500 (4.072)	-0.809	0.432
TRICEPS MUJERES	5.000 (1.732)	6.071 (2.388)	-0.693	0.508
ABDOMINAL HOMBRES	25.778 (3.420)	28.571 (3.457)	-1.613	0.129
ABDOMINAL MUJERES	20.667 (6.110)	25.000 (2.449)	-1.688	0.130
CUADRICEPS DERECHO. HOMBRES	6.556 (3.877)	11.714 (4.499)	-2.464	0.027
CUADRICEPS DERECHO MUJERES	2.667 (1.155)	4.000 (4.509)	-0.489	0.638
CUADRICEPS IZQUIERDO HOMBRES	7.111 (3.822)	12.143 (5.178)	-2.242	0.042
CUADRICEPS IZQUIERDO MUJERES	0.667 (0.577)	4.429 (5.412)	-1.161	0.279

Tabla 9.11.: PRUEBAS t INDEPENDIENTES DE FUERZA EN FUNCIÓN DE LA ACTIVIDAD DEPORTIVA EXTRA.

4.1.2. Niveles hormonales

Los niveles de hormonas antes de comenzar el entrenamiento, no son distintos en los hombres que hacen actividad deportiva y los sedentarios aunque se aprecia una tendencia a la hipercortisolemia en los deportistas.

En mujeres la ratio testosterona/cortisol ($t = 3.392$; $p < 0.015$) es más baja en las entrenadas que en las sedentarias lo que puede ser debido al menor nivel de testosterona y mayor de cortisol.

A nivel general se aprecia una ligera hipercortisolemia y una tendencia hacia la disminución de la ratio T/C en los que hacen actividad deportiva (tabla 9.12.).

	NO DEPORTE	SI DEPORTE	t	p
TESTOSTERONA HOMBRES	35.919 (13.236)	39.190 (24.470)	-0.301	0.770
TESTOSTERONA MUJERES	18.840 (5.459)	9.840 (6.800)	1.666	0.147
CORTISOL HOMBRES	1.740 (0.359)	2.066 (0.333)	-1.598	0.141
CORTISOL MUJERES	1.375 (0.431)	2.710 (1.507)	-1.179	0.283
T/C HOMBRES	22.571 (12.382)	17.876 (9.409)	0.710	0.494
T/C MUJERES	15.066 (8.696)	3.847 (2.138)	3.392	0.015

Tabla 9.12. PRUEBAS t INDEPENDIENTES DE LOS NIVELES HORMONALES EN FUNCIÓN DE LA ACTIVIDAD DEPORTIVA.

4.1.3. ESTADOS DE ÁNIMO

No hay diferencias significativas en los estados de ánimo previo al entrenamiento en función de la actividad deportiva realizada por los sujetos, tanto en hombres como en mujeres (tabla 9.13.).

	NO DEPORTE	SI DEPORTE	t	p
TENSIÓN HOMBRES	10.667 (8.618)	7.833 (4.446)	0.716	0.491
TENSIÓN MUJERES	7.000 (0.000)	15.714 (9.340)	I.D.	I.D.
DEPRESIÓN HOMBRES	3.000 (2.366)	7.333 (9.873)	-1.046	0.320
DEPRESIÓN MUJERES	3.500 (0.707)	11.571 (6.528)	-1.664	0.140
CÓLERA HOMBRES	6.833 (5.707)	8.667 (5.391)	-0.572	0.580
CÓLERA MUJERES	2.500 (0.707)	13.857 (9.957)	-1.536	0.168
VIGOR HOMBRES	13.833 (4.215)	18.000 (7.239)	-1.218	0.251
VIGOR MUJERES	16.500 (4.950)	18.000 (4.397)	-0.418	0.689
FATIGA HOMBRES	3.667 (1.966)	3.000 (3.795)	0.382	0.710
FATIGA MUJERES	1.500 (2.121)	6.143 (5.336)	-1.157	0.285
CONFUSIÓN HOMBRES	4.333 (1.633)	7.167 (5.345)	-1.242	0.243
CONFUSIÓN MUJERES	5.000 (1.414)	8.714 (3.498)	-1.411	0.201
TOTAL HOMBRES	114.667 (16.403)	116.000 (30.926)	-0.093	0.928
TOTAL MUJERES	103.000 (5.657)	138.000 (24.283)	-1.933	0.095

Tabla 9.12. PRUEBAS t INDEPENDIENTES DE LOS ESTADOS DE ÁNIMO EN FUNCIÓN DE LA ACTIVIDAD DEPORTIVA (I D: Insuficientes datos).

4.2. EVOLUCIÓN DE LOS EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO EN FUNCIÓN DEL GRADO DE ENTRENAMIENTO

Agrupando los hombres en tres niveles (1: los que realizan el entrenamiento de la investigación; 2: los que entrenan fuera y 3: los que no realizan ninguna actividad), realizamos las ANOVAS de medidas repetidas * entrenamiento en cada período para ver las evoluciones de las hormonas. En el primer período, se produce una diferenciación en el momento ($F_{2, 12} = 3.940$, $p < 0.048$) en la ratio T/C. Hay una tendencia a ser inferiores los niveles basales de testosterona del grupo que realiza deporte extra y por tanto que se encuentra ya entrenando y los otros dos grupos (el sedentario y el que participará en nuestro entrenamiento).

En el segundo período se da un efecto significativo del momento en el cortisol ($F_{2, 18} = 3.719$, $p < 0.044$) y del momento ($F_{2, 18} = 10.362$, $p < 0.001$) y del "grupo * momento" ($F_{2, 18} = 7.152$, $p < 0.005$) en la testosterona. Durante este período, los niveles de testosterona del grupo que entrena con nosotros son superiores a los que entrenan deportes extras y a los sedentarios. En el transcurso del período estos niveles bajan en el grupo experimental y aumentan en los que realizan deporte extra y en menor medida en los sedentarios. Por tanto vemos que la testosterona evoluciona de manera distinta entre el grupo que realiza el programa de entrenamiento y el resto de los grupos.

5. RELACIONES ENTRE LAS MEDIDAS EMPLEADAS

Al estudiar las correlaciones entre los cambios de fuerza y los cambios hormonales hemos obtenido los siguientes resultados.

En los hombres del grupo experimental, hay una fuerte correlación de carácter negativo entre la ratio T/C y la fuerza máxima del tríceps ($r = -0.913$, $p < 0.005$) y en menor medida y positiva entre el cuádriceps derecho y el cortisol ($r = 0.741$, $p < 0.05$).

En las mujeres del grupo experimental existe una correlación negativa entre la testosterona y la fuerza máxima del tríceps ($r = -0.844$; $p < 0.01$), el cortisol y fuerza máxima del tríceps ($r = -0.893$; $p < 0.01$), y de menor intensidad entre la ratio T/C y la potencia abdominal ($r = -0.771$; $p < 0.05$) y el bíceps ($r = -0.779$; $p < 0.05$).



6. APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SOBREENTRENAMIENTO

Como se ha mencionado anteriormente, existen dos criterios para medir el sobreentrenamiento, uno absoluto cuando la FTCT es igual o inferior a $0.35 \cdot 10^{-3}$ y otro relativo cuando la disminución del porcentaje de la ratio T/C es superior a un 30% del nivel inicial. El primero no se da en ningún sujeto (anexo). Sin embargo, el criterio relativo se da en un 71.42% de hombres y en un 33.33% de mujeres del grupo experimental tras el primer período de entrenamiento y en un 28.57% de hombres y un 33.33% de mujeres del grupo experimental tras el segundo período. Comprobando el criterio relativo a nivel global del entrenamiento, se da en un 42.85% de los hombres del grupo experimental y en un 25% del grupo control de mujeres (que puede ser debido al entrenamiento extra que realiza).

Si estudiamos los porcentajes de los cambios producidos en la ratio testosterona/cortisol con las medias de los grupos (tabla 9.13.), deducimos que en el grupo experimental de hombres se ha producido un efecto del entrenamiento efectivo a nivel temporal que puede requerir una disminución de la intensidad de éste o un mayor tiempo de recuperación que con la introducción de las tres semanas de descanso del entrenamiento queda subsanado, mientras que en los otros grupos no se da tan fuerte el efecto del entrenamiento.

Tomando los datos hormonales entre antes y después del período de descanso se observa que la testosterona en hombres (que había bajado al final del primer período de entrenamiento, con respecto al comienzo) ha experimentado un gran hasta alcanzar niveles similares al inicio del entrenamiento. En mujeres en donde la testosterona había aumentado durante el primer período, aunque no significativamente, se da una disminución que la lleva a niveles inferiores a los previos al entrenamiento. Esta respuesta contraria hace que exista una tendencia a ser diferentes las respuestas de hombres y mujeres durante el período de descanso ($t = 1.505$, $p < 0.161$).

MEDIAS DE LOS GRUPOS	% CAMBIO 1° PERÍODO	% CAMBIO 2° PERÍODO	% CAMBIO TOTAL
GE HOMBRES	-45.31	-9.54	-26.87
GC HOMBRES	75.00	13.17	58.75
GE MUJERES	11.65	-21.42	18.04
GC MUJERES	258.10	-28.60	-15.98

TABLA 9.13.: DATOS DE LOS CAMBIOS EN % DE LA RATIO T/C EN HOMBRES Y MUJERES EN GE Y GC

A nivel general se produce una disminución en hombres sometidos a entrenamiento mientras que en mujeres se produce un aumento. Los grupos control de ambos sexos actúan de manera contraria a sus respectivos grupos experimentales (figura 9.4.).

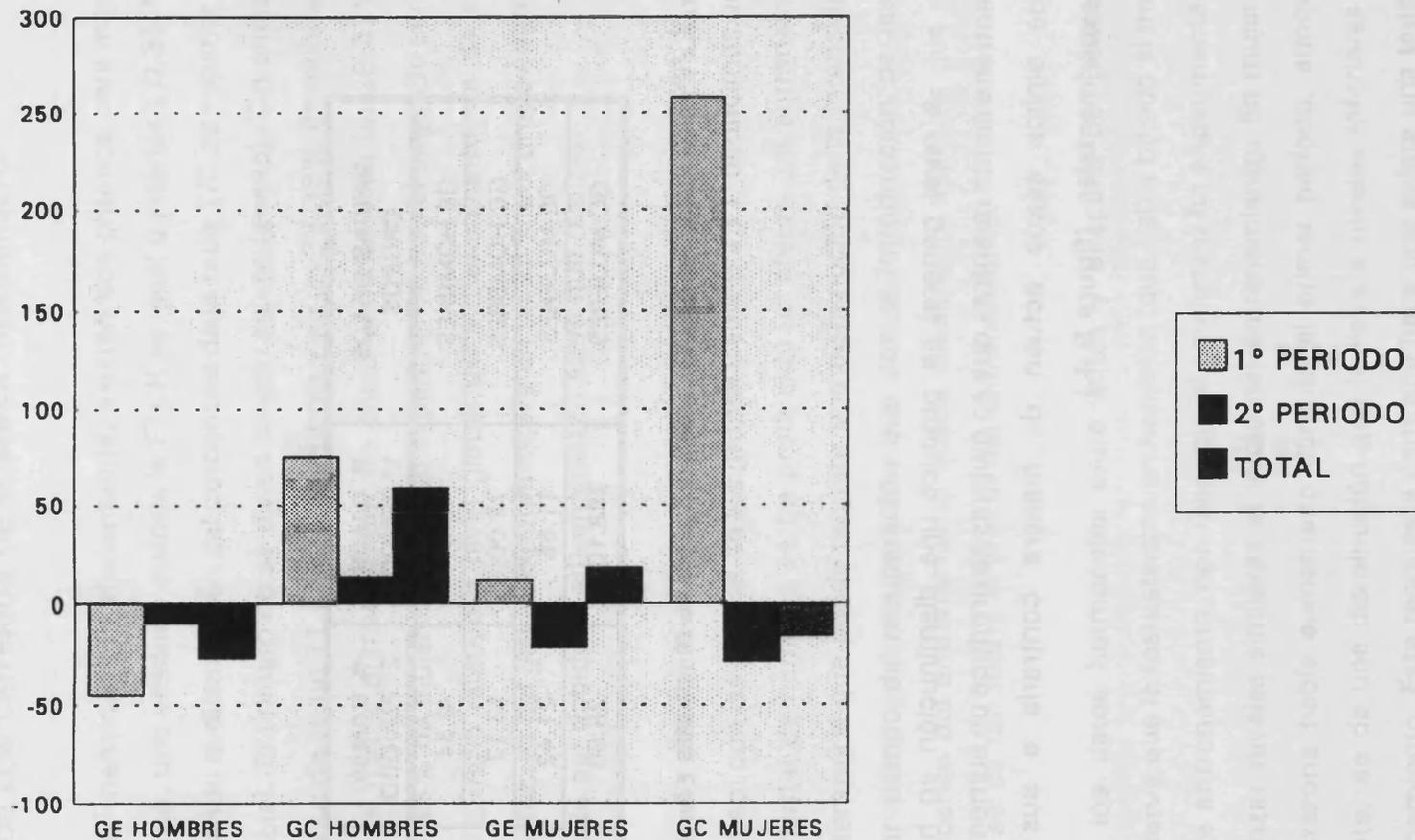


FIGURA 9.4.: CAMBIOS EN LOS PORCENTAJES DE LA RATIO T/C EN LOS DISTINTOS GRUPOS DURANTE EL 1° Y 2° PERIODO Y EN TOTAL.

CAPÍTULO 10

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

En la discusión de los resultados de la presente investigación mantendremos los cuatro grandes bloques establecidos previamente en la formulación de las hipótesis.

1. Efectos del entrenamiento en circuito sobre la fuerza en los adolescentes

El programa de fuerza aplicado fue moderado, tal como corresponde a las condiciones de la población seleccionada para el estudio (jóvenes adolescentes entre 13 y 16 años de edad de ambos sexos, estudiantes de secundaria) y con las características derivadas de todo trabajo en circuito de tipo extensivo de intervalos (*Scholich, 1989*): intensidad entre el 70 y 80% de la carga máxima, tiempo de ejecución del ejercicio: 45 segundos (intentando hacer el mayor número de repeticiones) y tiempo de descanso entre ejercicios: 45 segundos. El circuito se realiza tres veces con 5 minutos de descanso entre ellos.

El programa se aplicó en dos períodos, tratando de cambiar los ejercicios que en el primer período habían experimentado grandes mejorías con respecto al número de repeticiones por otros dirigidos a los mismos grupos musculares, cuyo número de repeticiones durante los 45 segundos de ejecución no fueran muy elevados (inferior a 12-15) y por tanto de una intensidad mayor.

El efecto ha sido diferente según el tipo de fuerza medido y el subgrupo:

En los hombres, partiendo de unos parámetros de fuerza previos al trabajo bastante similares entre el grupo sometido a entrenamiento y el control, se constatan las siguientes variaciones: Por un lado el grupo experimental mejora estadísticamente su potencia abdominal en el primer período, posiblemente debido a la efectividad de los dos ejercicios específicos introducidos en el circuito. También mejora con respecto a sus parámetros iniciales, la fuerza máxima concéntrica de tríceps, pudiendo deberse al uso de 3 ejercicios específicos, y la fuerza resistencia del cuádriceps derecho cuya mejora puede ser debida a los dos ejercicios específicos de cuádriceps. Su diferencia con respecto al cuádriceps izquierdo, trabajado con los mismos ejercicios y en donde no se observa una mejoría tan evidente, pueda deberse al nivel inicial de la fuerza de dichos músculos en el grupo experimental, donde la fuerza resistencia del cuádriceps derecho parte con un nivel más bajo que el cuádriceps izquierdo y tras el entrenamiento llega a superar ligeramente los niveles iniciales de éste, el cual, a su vez, experimenta una mejoría menor, posiblemente debido a su nivel inicial superior con respecto al cuádriceps derecho. Durante el segundo período se constata mejoría de forma significativa en la fuerza máxima concéntrica del bíceps, pudiendo deberse al efecto del ejercicio específico para bíceps incluido en el segundo circuito, puesto que en el primero no existía ninguno. Así mismo, la mejoría experimentada por la fuerza máxima concéntrica del tríceps ha podido deberse al efecto del nuevo ejercicio seleccionado que junto con los efectos producidos por los otros dos ejercicios con similar función y aplicados en el primer circuito, van a seguir permitiendo que se realice un mayor trabajo dirigido a este grupo (3 ejercicios de los 8 que componen el circuito).

En mujeres, al igual que en el grupo de hombres, se parte con un nivel similar entre ambos grupos en todos los tipos de fuerza medidos excepto en la fuerza máxima de tríceps que es significativamente inferior en el grupo experimental. Tras el primer período de entrenamiento, se produce una mejoría significativa de todos los tipos de fuerza, excepto la fuerza máxima concéntrica del bíceps, puesto que no había ningún ejercicio dirigido a éste grupo muscular. Durante el segundo período de entrenamiento, se producen igualmente aumentos significativos de todos los parámetros de fuerza medidos en el grupo experimental, excepto en la potencia abdominal cuyo aumento no es significativo. De ello podemos deducir que las variaciones producidas con el segundo circuito han sido útiles a excepción de los ejercicios de abdominales, que no han alcanzado la significación estadística. Debemos de considerar también, que el grupo experimental tenía inicialmente unos índices de fuerza inferiores al grupo control, aunque sin ser significativamente estadísticos.

Podemos concluir a nivel general, que se han producido mejorías en la fuerza tanto en hombres como en mujeres en ambos períodos de entrenamiento como efecto de los ejercicios, observándose en ambos grupos que tras el primer período de entrenamiento, en el cual no se aplicó ningún ejercicio dirigido a bíceps braquial, no se producía mejora significativa de este músculo e igualmente se vio que el efecto del entrenamiento fue mayor en mujeres que en hombres puesto que tuvieron mejorías significativas en todos los índices de fuerza excepto bíceps durante el primer período y potencia abdominal en el segundo. Las mejorías experimentadas por el grupo control, tanto en hombres como en mujeres, aunque no sean significativas, pueden deberse a los factores: edad y actividad externa.

Con respecto a esta hipótesis, podemos concluir que con la aplicación de un circuito extensivo de intervalos (*Scholich, 1989*): y seleccionando los

ejercicios en función de las características de los sujetos y los objetivos a conseguir y aplicándolo 2 veces por semana, se pueden conseguir mejoras en la fuerza muscular, aunque previsiblemente no tan grandes como se conseguirían con tres sesiones semanales (*Alén et al., 1988; Ramsay et al., 1989; Häkkinen et al., 1990, Hickson et al., 1994*) y teniendo en cuenta que cuando el período de aplicación es muy largo (por encima de los dos meses) es necesario aplicar modificaciones en intensidad, volumen y variación en los ejercicios para producir el estrés necesario y adecuado a las nuevas posibilidades de los sujetos que van evolucionando como consecuencia del entrenamiento. Sobre todo, se ven mayores mejoras, en la primera fase del entrenamiento que en la segunda, en todos los grupos musculares medidos salvo en bíceps, tanto en hombres como en mujeres. Esto puede ser debido principalmente a la mejora en la activación de las unidades motrices implicadas y las adaptaciones neurológicas y coordinativas (*Alén et al., 1988; Ramsay et al., 1989; Häkkinen et al., 1990*).

2. Respuesta hormonal específica al entrenamiento de fuerza

En los hombres, como consecuencia del entrenamiento de fuerza con adolescentes, se produjeron disminuciones significativas de testosterona tras el primer período, siendo mayores estas disminuciones al final de este período, que contrastan con los aumentos no significativos que se producen en el grupo control . Tras el tiempo de descanso dado a continuación del primer período, los niveles de testosterona recuperan los valores basales previos al entrenamiento, para volver a experimentar en el segundo período de trabajo las mismas respuestas (disminución en el grupo experimental y aumento en el grupo control) pero de menor cuantía. Estas disminuciones de la testosterona en el grupo experimental después de un entrenamiento de

submáxima intensidad durante un corto tiempo (figura 10.1), indica la susceptibilidad de las hormonas gonadales al estrés físico inducido por el entrenamiento en los adolescentes masculinos, de igual manera que sucede en los adultos con entrenamientos de fuerte intensidad (*Häkkinen et al., 1987; Häkkinen et al., 1988; Busso et al., 1992*) o ante fuerte entrenamiento y poca recuperación (*Steinacker et al., 1993*) o ante periodos de entrenamiento deportivo (*Grandi et al., 1988*) o ante grandes volúmenes de entrenamiento semanal (*Wheeler et al., 1984*). Dicha disminución de los niveles de testosterona durante el progresivo entrenamiento de fuerza, sugiere que el entrenamiento refleja un creciente estrés como acumulación de las distintas sesiones (*Alén et al., 1988*) que desaparece cuando se aplica un período de descanso, como el incorporado a mitad de entrenamiento que permite volver a recuperar los niveles basales. La observación de las respuestas de los sujetos sometidos a entrenamiento entre antes y después de éste nos confirma ligeros descensos en testosterona pero sin ser estadísticamente significativos.

Los niveles de testosterona previos al entrenamiento son similares entre los más y menos entrenados siendo ligeramente inferiores en los primeros, tal como lo plantea *Grandi et al., (1988)* y *Steinacker et al., (1993)* con adultos y mayores niveles de rendimiento. En nuestro estudio no se da con el grupo que sigue nuestro entrenamiento al comienzo del segundo período, el cual se inicia con niveles de testosterona superiores a los otros dos grupos (sedentario y de entrenamiento extra).

Apoyándonos en el trabajo de *Rowland et al., 1987* realizado con adolescentes (edad media 16 años) durante el seguimiento de un período de entrenamiento de resistencia, en donde se producía un aumento de los niveles de testosterona en las cuatro primeras semanas y un mantenimiento en las cuatro siguientes y en la supuesta mayor maduración de los que hacen deporte (*Malina, 1982 y Hale. 1956 citado por Rowland et al., 1987*),

esperábamos encontrar unos incrementos debido a la activación que se produce en estas edades en el eje hipotalámico-pituitario-gonadal (*Rowland et al., 1987*), haciendo que su reacción no sea comparable a la de los adultos en donde generalmente se produce una disminución de los niveles de testosterona ante los entrenamientos (*Wheeler et al., 1984; Opstad, 1992; Seidman et al., 1990; Tsai et al., 1991; Busso et al., 1992; Häkkinen et al., 1988; Häkkinen et al., 1987*), aunque en algunos casos no hubo modificación en la testosterona o incluso aumentó (*Grandi et al., 1988; Hickson et al., 1994*). Sin embargo, como hemos dicho anteriormente, la respuesta de la testosterona ante el entrenamiento de fuerza ha sido muy similar a la de los adultos ante trabajos de gran intensidad.

Por lo que se refiere al cortisol en los hombres, no se han producido variaciones significativas de los niveles basales en ninguno de los dos grupos, a pesar de que en el grupo experimental hay ligeros aumentos durante el primer período y ligeras disminuciones (hasta llegar casi al nivel inicial) durante el segundo. Por tanto, podemos indicar que estos resultados están en la línea de los trabajos realizados con baja intensidad (*Häkkinen et al., 1988; Tegelman et al., 1990; Tsai et al., 1991*) o de fuerza con prepuberales (*Rich et al., 1992*). Los estudios llevados a efecto con cortisol, nos dan distintos resultados en función del tipo de entrenamiento o de la hora en que se realizan las mediciones. Así una gran mayoría de autores indica que incrementa tras entrenamiento intenso (*Häkkinen et al., 1987; Tegelman et al., 1988; Seidman et al., 1990; Steinacker et al., 1993*) mientras que otros investigadores no encontraron variaciones ante entrenamientos predominantemente de resistencia y baja intensidad (*Häkkinen et al., 1988; Tegelman et al., 1990; Tsai et al., 1991*) o ante entrenamientos fuertes con deficiente alimentación y descanso (*Opstad, 1992*) o incrementos no significativos ante entrenamientos de fuerza durante largos períodos (*Häkkinen et al., 1990*). Con adolescentes no tenemos información donde basarnos ya que existe un trabajo con niños, llevado por

Rich et al., 1992 pero es con gimnastas prepuberales (edad media de 10 años y 11 meses) y no observan modificaciones significativas. Nuestra hipótesis de aumentos de los niveles de cortisol como consecuencia de la predominancia de los efectos catabólicos sobre los anabólicos derivados de los efectos acumulados de las cargas de entrenamiento, se da aunque no de forma significativa en los hombres, cuando comparamos sus niveles iniciales y finales del entrenamiento.

En las adolescentes femeninas, esperábamos unas respuestas similares a los adolescentes masculinos aunque probablemente menos pronunciadas. Por lo que se refiere a la testosterona y observando los resultados de trabajos realizados con adultos, no se aprecian modificaciones en sus niveles como efecto del entrenamiento (*Tsai et al., 1991; Häkkinen et al., 1990; Hickson et al., 1994*) pudiendo ser como consecuencia de altas diferencias interindividuales entre los sujetos (*Häkkinen et al., 1990*). Se considera que los altos niveles de testosterona en sangre pueden ser importantes para desarrollar la fuerza muscular (*Häkkinen et al., 1990*). En nuestro estudio, no se aprecian variaciones significativas de la testosterona entre el grupo control y el experimental ni en el primer período de entrenamiento ni en el segundo (figura 10.2), a pesar de que exista una cierta tendencia hacia la disminución. Por tanto se confirman los resultados obtenidos por varios autores con adultas (*Tsai et al., 1991; Häkkinen et al., 1990; Hickson et al., 1994*).

Al comparar los niveles basales de testosterona entre las que realizan y no realizan entrenamiento extra, hemos comprobado que no hay diferencias significativas, encontrándose niveles inferiores en el grupo de deporte.

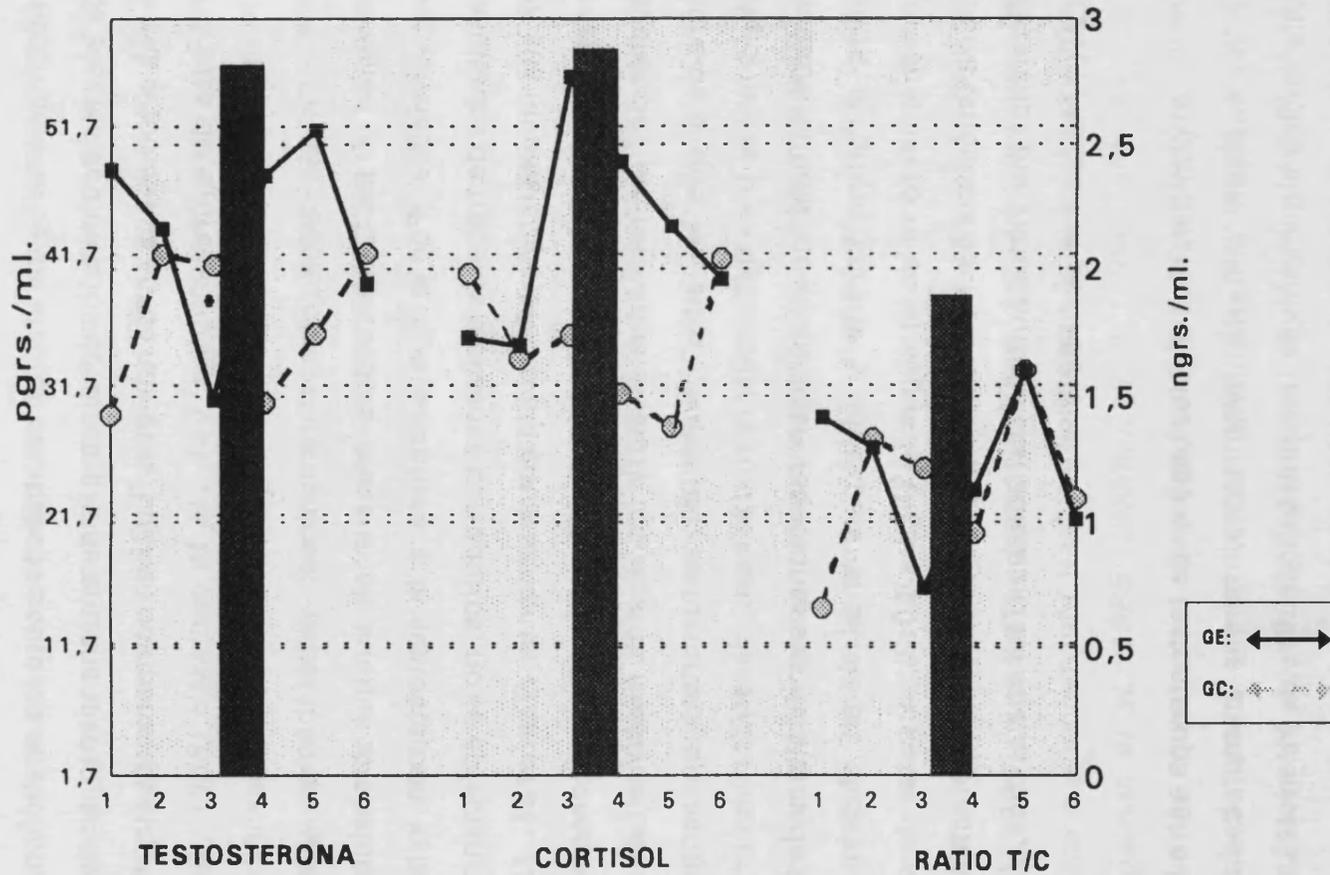


Fig.10.1.: Evolución de los niveles hormonales en hombres durante el entrenamiento. (Testosterona en pgrs./ml. y el cortisol en ngrs./ml.) ■ DESCANSO

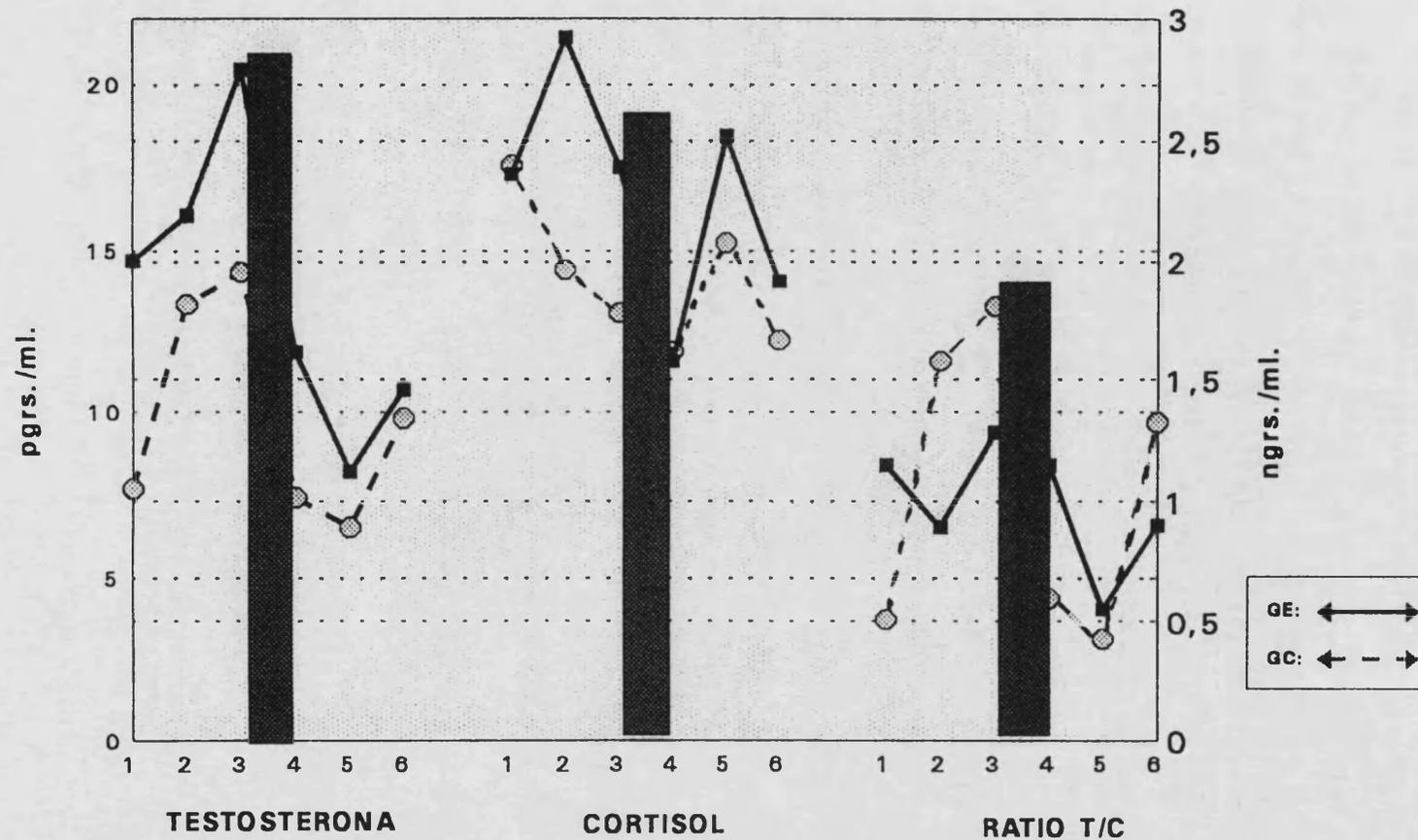


Fig.10.2.: Evolución de los niveles hormonales en mujeres durante el entrenamiento. (Testosterona en pgrs./ml. y cortisol en ngrs./ml.) ■ DESCANSO

Con respecto al cortisol, esperábamos que aumentara su respuesta al entrenamiento, al igual que en mujeres adultas (*Häkkinen et al., 1990; Hickson et al. 1994*). Parece ser que las diferentes respuestas del cortisol dadas entre hombres y mujeres pueden indicar que la magnitud absoluta de las cargas de trabajo sean más efectivas en éstas, provocando un mejor efecto con una cantidad de entrenamiento menor de tipo absoluto y no relativo (*Hickson et al., 1994*). Mientras que otros autores (*Tsai et al., 1991*) tras ver que en un entrenamiento las mujeres aumentaban sus niveles de cortisol en oposición a la respuesta en hombres que se mantenía, indicaron que dicha diferencia entre sexos sobre la respuesta del cortisol puede indicar diferencia adaptativa de los mecanismos a un estrés físico similar. La respuesta del cortisol en las mujeres de nuestro trabajo es durante el primer período del entrenamiento invariable, tanto el grupo control como el experimental, con respecto a los niveles previos al trabajo de fuerza aunque se da una tendencia al aumento en el grupo experimental tras el segundo período. Posiblemente dichos ascensos no sean significativos por las grandes diferencias entre la varianza de cada uno de los grupos y el número de la muestra.

Los niveles basales de cortisol entre las que realizan y las que no realizan deporte extra son ligeramente superiores en las primeras aunque no estadísticamente significativos.

Si comparamos los niveles hormonales en función del sexo, el hombre tiene niveles basales de testosterona superior a la mujer y similares niveles de cortisol. En lo que respecta a los cambios hormonales sufridos por el entrenamiento, no hay diferencias entre ambos sexos, lo que no coincide con la peor adaptación en mujeres al entrenamiento de deportistas de élite en deportes de resistencia que indicaban *Tsai et al. (1991)*.

A nivel general sobre esta hipótesis planteada, podemos concluir que ante un entrenamiento de fuerza de una duración de 4 meses con 2 sesiones semanales de una hora y un descanso de 3 semanas a mitad de dicho trabajo, los niveles hormonales en un grupo de adolescentes reaccionan de la siguiente forma:

1°. Se producen disminuciones de los niveles de testosterona en hombres como consecuencia de la intensidad del entrenamiento (*Wheeler et al., 1984; Opstad, 1992; Seidman et al., 1990; Tsai et al., 1991; Busso et al., 1992; Häkkinen et al., 1988; Häkkinen et al., 1987*) que es recuperado tras el descanso para volver a decrecer en el segundo período del entrenamiento, mientras que en el grupo control no se producen modificaciones significativas. Un grupo de riesgo es más susceptible al efecto estresor del ejercicio y por ello creemos que dicho trabajo es suficientemente intenso para provocar respuesta hormonal y necesitar de la incorporación de pequeños períodos de recuperación para conseguir la supercompensación y un efecto del entrenamiento más efectivo. Por contra, en las mujeres no se producen variaciones significativas, ni en el grupo control ni en el experimental, tal como ocurre en distintos trabajos (*Tsai et al., 1991; Häkkinen et al., 1990; Hickson et al., 1994*) pudiendo ser debido a las altas diferencias que se daban entre los sujetos (*Häkkinen et al., 1990*). A pesar de ello, se vieron aumentos en la fuerza, lo cual puede ser debido a una mayor mejoría en la coordinación intramuscular más que a una hipertrofia (*Alén et al., 1988; Ramsay et al., 1989; Häkkinen et al., 1990*). Por tanto, las respuestas de la testosterona entre hombres y mujeres adolescentes al entrenamiento es más pronunciada en los primeros.

2°. Como era de esperar, los adolescentes masculinos tienen unos niveles de testosterona superior a las adolescentes femeninas, lo cual

está relacionado con la mayor fuerza disponible por parte de éstos en todos los grupos musculares medidos: bíceps, tríceps, abdominales, cuádriceps derecho y cuádriceps izquierdo.

3°. Los niveles de cortisol aumentan en el primer período aunque no significativamente, como consecuencia del entrenamiento en el grupo experimental de hombres y se mantiene sin modificaciones en mujeres, tanto en el grupo experimental como en el control y en los dos períodos de entrenamiento. Pudiendo concluir que tanto en hombres como en mujeres adolescentes, no se producen modificaciones significativas de los niveles de cortisol ante el entrenamiento de fuerza de no muy alta intensidad, lo cual sugiere que este tipo de entrenamiento para adolescentes de ambos sexos no ha sido suficiente para originar la hipercortisolemia que ha sido descrita para los sujetos entrenados.

4°. Los efectos del entrenamiento de fuerza sobre las hormonas nos dejan constancia de una disminución de la testosterona tanto en hombres como en mujeres durante todo el proceso de entrenamiento, principalmente en hombres tras el primer período de entrenamiento. Con respecto al cortisol, se produce una ligera tendencia al aumento en hombres y a disminución en mujeres. Por tanto parece más pronunciada la respuesta hormonal en hombres que en mujeres a nivel de testosterona, pero no a nivel de cortisol.

3. Respuesta de la ratio testosterona/cortisol al entrenamiento

Partiendo del criterio relativo de la ratio testosterona/cortisol que dice que cuando disminuye un 30% de sus valores basales como consecuencia del entrenamiento, se debe a una recuperación incompleta temporal sin llegar a ser índice de sobreentrenamiento, siempre que no baje sus niveles absolutos en suero de 0.35×10^{-3} (Härkönen et al., 1984; Adlercreutz et al., 1986; Vervoorn et al., 1991; Banfi et al., 1993; Marinelli et al., 1994). En base a este criterio y teniendo en cuenta que el tipo de trabajo seleccionado no es con cargas muy intensas y su distribución temporal es de dos sesiones de una hora semanal, hemos planteado la hipótesis de que no se produciría una disminución significativa de dicho índice en el grupo experimental y con menor justificación en el grupo control, a no ser que existan causas externas que puedan inducir en dicha modificación.

La respuesta al entrenamiento de la ratio, vamos a estudiarla en función del sexo y dentro de este aspecto durante los dos períodos de entrenamiento.

En los hombres y durante el primer período, se producen grandes decrementos en el grupo experimental con mayor significación en la segunda parte, mientras que el grupo control reacciona mediante aumentos no significativos. Si tenemos en cuenta que a nivel basal el grupo experimental partía con unos niveles significativamente mayores que el grupo control, podemos deducir de todo ello que el entrenamiento ha producido un efecto acumulado, que en este caso concreto cumple los planteamientos dados por los diversos autores sobre el criterio relativo, al sufrir el porcentaje una disminución superior al 30% en todos los componentes del grupo experimental. Esto nos sugiere que deberíamos bajar algo más el entrenamiento, o buscar una nueva distribución de los ejercicios que

no incidan tanto en unos determinados grupos musculares. Por contra, vemos como la respuesta en el grupo control es de incremento en todos los individuos menos en uno que se mantiene igual. Los factores externos (exámenes) son similares por pertenecer todos los sujetos al mismo centro de enseñanza y a los mismos grupos. Si consideramos que los valores del grupo control han evolucionado en aumento, la disminución en los experimentales es todavía más pronunciada.

Tras un período de descanso de 3 semanas, comprobamos como el grupo experimental vuelve a recuperar prácticamente los niveles basales y tras el segundo período de entrenamiento se producen modificaciones variadas tal como vemos: en dos muchachos se producen decrementos por encima del 30%, en otros dos ligeras disminuciones y en otros dos unos fuertes aumentos, al igual que el grupo control en donde hay una tendencia a disminuir en la mayoría (6 de 8 sujetos) mientras que en los dos restantes se producen aumentos. De ello podemos decir, dada la variabilidad de la respuesta del grupo experimental, que solamente en dos individuos se ha producido un efecto de fatiga acumulado y el resto se recupera bien de dicho entrenamiento a la vez que es efectivo como podemos deducir de la evolución de sus niveles de fuerza.

En las mujeres no hemos observado significación estadística en la modificación de sus niveles basales en ninguno de los dos períodos ni en ninguno de los grupos (experimental y control) aunque al igual que en el trabajo de *Tegelman et al., (1990)*, las que realizan actividad deportiva extra tienen menores niveles previo al entrenamiento. Con respecto a la respuesta al entrenamiento, se ve variabilidad (aumentos en dos y disminuciones en otras dos durante el primer período y aumentos en dos y disminuciones en tres después

del segundo período), la cual no está relacionada con la participación simultánea en otras actividades deportivas. Al comparar dicha respuesta de la ratio testosterona/cortisol con los efectos del entrenamiento en la fuerza, podemos indicar que las cargas de dicho entrenamiento son efectivas produciéndose una disminución en la ratio T/C superior al 30% de los valores basales de dos muchachas durante el primer período de entrenamiento, y en otras dos (una de ellas es de las anteriores) durante el segundo período. Por tanto, para ellas, es importante que se disminuya el trabajo o se de un pequeño descanso entre las cargas para que deje de predominar el efecto catabólico que se da cuando la ratio disminuye tras el entrenamiento un 30% de su nivel basal (*Härkonen et al., 1984; Adlercreutz et al., 1986; Vervoorn et al., 1991; Vervoorn et al., 1992; Banfi et al., 1993; Marinelli et al., 1994*).

Con respecto a la hipótesis planteada por nosotros, vemos que a pesar de tener dos sesiones semanales y que el planteamiento del circuito no era muy fuerte, sí se produjo una acumulación de cansancio, superando el criterio relativo (*Härkonen et al., 1984; Adlercreutz et al., 1986; Vervoorn et al., 1991; Vervoorn et al., 1992*), en todo el grupo experimental de hombres y también en dos mujeres de dicho grupo, durante el primer período de entrenamiento. Tras las tres semanas de recuperación, se volvió a los niveles previos, produciéndose el trabajo sin alcanzar el criterio relativo de sobreentrenamiento en ninguno de los dos grupos: hombres (ratio T/C = 9.54% menor que los datos basales) y mujeres (ratio T/C = 21.42% menor que los datos basales).

Desde el punto de vista general, los cambios en la ratio T/C no superan el índice relativo ni en hombres ni en mujeres. Por tanto

podemos decir que el tipo de trabajo es moderado y adecuado a estas edades, puesto que se produce ganancia de fuerza.

En adolescentes, es importante poder aplicar cargas adecuadas, porque se encuentran en un período de posibilidades de mejorar su fuerza por el aumento en la secreción de anabolizantes, pero hay que hacerlo de forma controlada ya que siguen en período de crecimiento y tanto los huesos como los elementos pasivos del músculo llevan un proceso de desarrollo más lento (*Lambert, 1993; Ehlenz et al., 1990*). Por tanto, si se trabaja de forma controlada en las primeras edades, se pueden desarrollar factores que están implicados en la fuerza como son la coordinación intramuscular e intermuscular y el sistema nervioso (*Siegel, 1988; Alén et al., 1988; Ramsay et al., 1989; Häkkinen et al., 1990*). En consecuencia, el uso de la ratio T/C nos servirá para controlar los entrenamientos en estas edades.

Al considerar el programa globalmente, se observan mejoras en fuerza (en hombres y mujeres) con una disminución significativa en la ratio T/C en hombres al comparar el grupo experimental con el grupo control, que si lo relacionamos con los cambios en cada hormona, sugiere una susceptibilidad de la testosterona a la carga del trabajo y que podría ser similar a la sensibilidad del eje ovárico en deportistas femeninas (*Leheup et al., 1989*).

4. Estados de ánimo en relación al entrenamiento

Hemos partido de la hipótesis de que con este tipo de entrenamiento, supuestamente no muy fuerte, no se van a producir modificaciones a nivel de estados de ánimo derivados del sobreentrenamiento (*Morgan, 1979*;

Morgan, 1980; Riddik, 1984; Morgan et al., 1987; Morgan et al., 1988; O'Connor et al., 1989). Las modificaciones posibles que se den, las suponemos como efectos de otros factores de tipo personal o social, externos al propio entrenamiento desarrollado con dichos adolescentes. Incluso en contra de lo que plantea *Raglin et al. (1991)*; la tensión tampoco debe de experimentar subidas generalizadas en los que siguen el entrenamiento.

Al igual que en apartados anteriores, vamos a ver las respuestas de estos parámetros en los adolescentes en función del sexo y durante los dos períodos de que consta el trabajo, comparándolos con el grupo control que no realizaba dicho entrenamiento.

En los hombres vemos como en la subescala de tensión, se produce un efecto significativo de la interacción grupo*momento, estando más elevado en el grupo control que en el experimental al principio y final del primer período, a la vez que desciende el vigor de manera significativa. Así mismo, el grupo control tiene los niveles más elevados que el grupo experimental en las subescalas de tensión, depresión, cólera y confusión, a la vez que en el total del POMS, durante todo el primer período de entrenamiento. Durante el segundo período de entrenamiento, el grupo control tiene las mismas subescalas superiores al grupo experimental, además de la fatiga, teniendo en la depresión un efecto significativo estadísticamente en el momento. A nivel general, podemos decir que no se observan diferencias grandes en los estados de ánimo en función del entrenamiento.

En las mujeres, al contrario que en los hombres, podemos ver como los niveles de las subescalas de tensión, cólera, vigor y fatiga del grupo experimental se encuentran durante toda el primer período de entrenamiento

por encima del grupo control, aunque no hay diferencias significativas estadísticamente. Igualmente se observan tendencias a disminuir en el grupo experimental la tensión, la depresión, el vigor y la confusión, así como el total del POMS aunque no de forma significativa, mientras que en el segundo período es curiosa la reacción contraria del grupo experimental y el control durante la medición intermedia que incrementa en el primero y disminuye en el segundo en las subescalas de depresión, cólera, fatiga y confusión, al igual que en el total, mientras que en la subescala de vigor reaccionan al contrario, disminuyendo en el grupo experimental e incrementando en el grupo control. En la última medición de este segundo período, los niveles van a volver a situaciones parecidas al comienzo. Por tanto, como resumen, podemos decir que las respuestas de las mujeres son distintas en ambos períodos, sin ser estadísticamente significativas, quizás debido al bajo número de la muestra.

Para finalizar este subapartado, podemos decir, que la hipótesis planteada por nosotros con respecto a la no modificación de los estados de ánimo como resultado de la baja intensidad del entrenamiento, se confirma, al observar que las respuestas son pequeñas y variadas en ambos grupos.

Hay que resaltar que al considerar el programa global, se produce un incremento significativo del vigor en el grupo experimental de hombres, lo que coincide con lo planteado por *Morgan et al. (1977)*; *Gondola et al. (1982)*; *Berger et al. (1983)*; *McGowan et al. (1988)* y *Balaguer et al. (1993)*.

CAPÍTULO 11

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1ª. El entrenamiento empleado (intensidad entre el 70 y 80% y 4 meses de duración) mejoró los distintos tipos de fuerza muscular medidos en adolescentes. Esta mejoría, comparando con el grupo control, se concreta en determinados grupos musculares y/o tipo de fuerza. La mejoría fue mayor en las mujeres que en los hombres.

2ª. Los hombres que realizan actividades deportivas extras, tienen mayores determinados índices de fuerza inicialmente. Pero no las mujeres.

3ª. La influencia de la especificidad de los ejercicios se constata en el entrenamiento de la fuerza máxima concéntrica del bíceps que experimentó mejoría sólo cuando se trabajó en el entrenamiento.

4ª. La aplicación de un circuito extensivo de intervalos dos veces semanales y durante cinco semanas (período I), es suficiente para mejorar los grupos musculares trabajados por adolescentes (14 a 16 años de edad) de ambos sexos.

5ª. Cuando el tiempo de entrenamiento es superior a cinco semanas, se sigue produciendo mejoría en la fuerza al variar e ir adaptando a los nuevos niveles del sujeto, una parte de los ejercicios que componen el circuito de entrenamiento.

6ª. La respuesta hormonal al entrenamiento a nivel general son similares entre adolescentes masculinos y femeninos, a pesar de que la ratio en hombres tiene una tendencia a disminuir y en mujeres a aumentar. Hay tendencia a la disminución de la testosterona en ambos sexos.

7ª. En hombres se produce un descenso de testosterona como respuesta al entrenamiento, tanto en el primer período como en el segundo. Por contra, en el grupo control se produce un aumento de niveles de testosterona que contrasta con los que entrenan. El cortisol responde al entrenamiento, con tendencias al aumento tras el primer período y al descenso tras el segundo.

8ª. En mujeres hay mayor variabilidad en los niveles de testosterona con aumentos en unas y descensos en otras.

9ª. El nivel de entrenamiento va a condicionar en parte los niveles hormonales con una tendencia hacia la hipercortisolemia en los deportistas masculinos.

10ª. Se constata una importante sensibilidad de la testosterona al entrenamiento en estas edades que contribuye al decremento en la ratio más que el cortisol.

11ª. La ratio testosterona/cortisol como indicador de sobreentrenamiento transitorio, ha mostrado disminuciones diferenciadas en los distintos períodos de entrenamiento, supuestamente relacionados con la adaptación al mismo.

12ª. El período de descanso entre los dos períodos es positivo especialmente para los hombres, que recuperan sus niveles basales

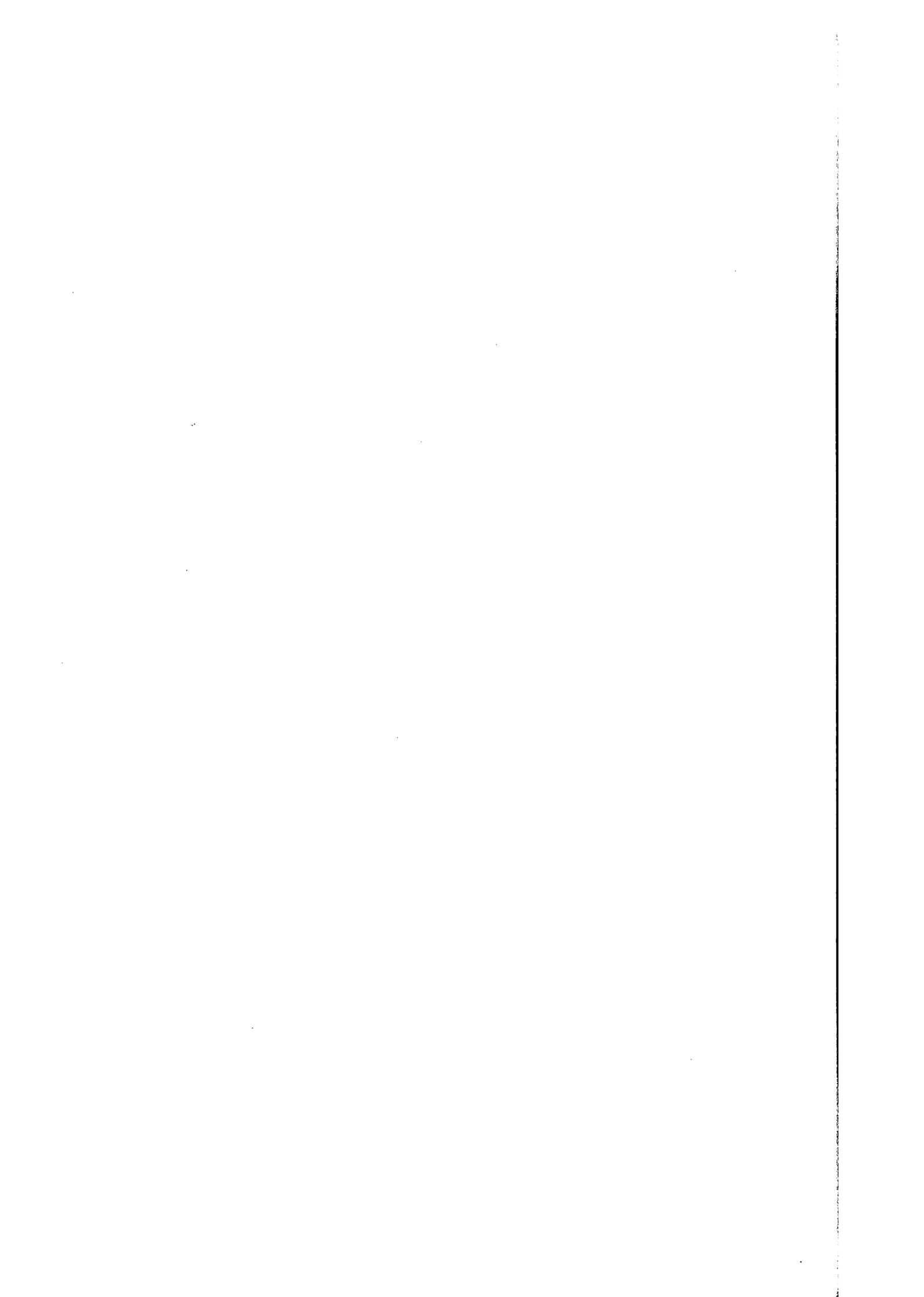
de la ratio testosterona/cortisol.

13^a. El entrenamiento no ha supuesto una carga excesiva sobre los sujetos, tal como podemos comprobar con el POMS, al no observarse incrementos significativos en las escalas negativas.

14^a. El entrenamiento ha tenido un efecto positivo como se constata por el incremento en la escala de vigor.

Por tanto, podemos concluir que este tipo de entrenamiento con adolescentes parece ser adecuado siempre que se cuiden los ejercicios, dirigidos a los distintos grupos musculares a desarrollar y que se incrementen las intensidades de ellos continuamente con el aumento del número de repeticiones en las posteriores sesiones y con la variedad de ejercicios cada 5 semanas de trabajo aproximadamente. Los indicadores biológicos y psicológicos pueden ayudar a controlar el nivel adecuado y la planificación de los jóvenes deportistas para evitar decrementos en el eje hipotálamo-hipofisiario-gonadal que aparece como especialmente susceptible a los efectos del entrenamiento a estas edades.

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFIA

AAKVAAG,A., BENTDAL,O., QVIGSTAD,K., WALSTAD,P., RONNINGEN,H. and FONNUM,F. (1978) Testosterone and testosterone binding globulin in young men during prolonged stress. *Inter. J. of Andrology*. 1: 22-31.

AAKWAAG,A., SAND,T., OPSTAD,P. and FONNUM,F.(1978) Hormonal changes in serum in young men during prolonged physical strain. *Eur. J. Appl. Physiol.*, ; 39: 283-291.

ADLERCREUTZ,H., HARKONEN,M., KUOPPASALMI,K., NAVERI,H., HUHTANIEMI,I., TIKKANEN,H., REMES,K., DESSYPRIS,A. and KARVONEN,J. (1986). Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 7: 27-29.

ADLERCREUTZ,H., HARKONEN,M., KUOPPASALMI,K., KOSUNEN,H., NAVERI,H. and REHUNEN,S. (1976). Physical activity and hormones, In: *Advances in Cardiology; Manninen and Halonen*, Ed. Karger, Basel. 144-157.

ALÉN,M., PAKARINEN,A., HÄKKINEN,K. and KOMI,PV. (1988). Responses of Serum Androgenic-Anabolic and Catabolic Hormones to Prolonged Strength Training. *Int. J. Sports Med.*, vol9 n° 3: 229-233.

AUGUST,F., GRUMBACK,M. and KAPLAN,S. (1972). Hormonal changes in puberty: III. Correlation of plasma testosterone, LF, FSH, and testicular size, and bone age with pubertal development. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 34:319-326.

AYERS,J., KOMESU,Y., ROMANI,T. and AUSBACHER,R. (1985). Antropomorphic, hormonal and psychologic correlates of semen quality in endurance-trained male athletes. *Fertility and Sterility*, 43: 917-921.

BAIRD,DT., HORTON,R., LONGCOPE,C. and TAIT,JF. (1969). Steroid dynamics under steady state conditions. *Rec. Prog. Horm. Res.*, 25: 611.

BALAGUER,I., FUENTES,I., MELIÁ,J.L., GARCÍA-MERITA,M. y PÉREZ RECIO,G. (1993). El perfil de los estados de ánimo (POMS): Baremo para estudiantes valencianos y su aplicación en el contexto deportivo. *Revista de Psicología del Deporte*, 4, 39-52.

BAHRKE,M. (1990). Psychological and behavioral effects of anabolic-androgenic steroids. *Paper presented at the annual convention of the American Psychological Association*. 20 páginas.

BAKER,E.R., MATHUR,R.S., KIRK,R.F., LANDGREBE,S.C., MOODY,L.O. and WILLIAMSON,H.O. (1982). Plasma gonadotropins, prolactin and steroid hormone concentrations in female runners immediately after a long distance run. *Fertil. Steril.* 38:38-41.

BAMBINO,T. and HSUEH,A. (1981). Direct inhibitory effect of glucocorticoids upon testicular luteinizing hormone receptors and steroidogenesis in vivo and in vitro. *Endocrinology*, 108:2142,2148.

BIBLIOGRAFÍA

- BANFI,G., MARLINELLI,M., ROI,GS. and AGAPE,V. (1993). Usefulness of Free Testosterone/Cortisol Ratio during a Season of Elite Speed Skating Athletes. *Int. J. Sports Med.* 14: 373-379.
- BARRAL LAVANDEIRA,J.R., ORO,L.A. y GALARZA,G. (1988). Efectos del ejercicio físico sobre los niveles plasmáticos de testosterona. *Archivos Medicina del Deporte.* 17: 25-29.
- BEACH, F.A.(1975). Behavioral endocrinology: An emerging discipline. *American Scientist.*; 63, 178-187.
- BEITINS,I., BAYARD,F., KOWARSKI,A. and MIGEON,C. (1973). The effect of ACTH administration on plasma testosterone, dihydrotestosterone and serum LH concentration in normal men. *Steroids*; 21:553-563.
- BERGER, B.G. and OWEN, D.R. (1983). Mood alteration with swimming, -swimmers really do "feel better". *Psychosomatic Medicine*, 45 (5): 425-433.
- BHASIN,S. and SWERDLOFF,R. (1986). Mechanisms of gonadotropin-releasing hormone agonist action in the human male. *Endocr. Rev.*, 7:106-114.
- BLIMKIE,C.(1989) Age- and sex-associated variation in strength during childhood: anthropometric, morphologic, neurologic, biomechanical, endocrinologic, genetic and physical activity correlates. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, Vol 2. Youth Exercise and Sport, C. Gisolfi and D. Lamb (Eds) Indianapolis, IN: *Benchmark Press*, ; pp 99-163.
- BLIMKIE,C., RAMSAY,J., SALE,D., MACDOUGALL,J., SMITH,K. and GARNER,S. (1989). Effects of 10 weeks of resistance training on strength development in prepuberal boys. In: *International Series on sport Sciences. Children and Exercise XIII*. S. Oseid and KH. Carlsen (EDS) Champaign, IL: Human Kinetics Publishers Inc., pp 183-197.
- BLOS, P. (1965). The initial stage of male adolescence. *The Psychoanalytic Study of the Child*, 20, 145-164.
- BONEN,A., LING,W., MACINTYRE,K., NEIL,R., McGRAIL,J. and BELCASTRO,A.(1979). Effects of exercise on serum concentrations of FSH, LH progesterone and estradiol. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 42: 15-23.
- BRADIN,C.W. and PAULSON,C.A. (1984). El testículo. en WILLIAMS,R.H. Tratado de endocrinología. Edit. Interamericana. Madrid.
- BRISSON,G., VOLLE,M., DESHARNAIS,M., DION,M. and TANAKA,M. (1977). Pituitary-gonadal axis in exercising man (abstract) *Med. Sci. Sports.* 9:47.
- BRODY,S., CARLSTROM,K., LAGRELIUS,A., LUNELL,N. and MOLLERSTROM,B. (1987). Adrenal steroids in postmenopausal women: relation to obesity and to bone mineral content. *Maturitas*, 9: 25-32.

BIBLIOGRAFIA

BUCHANAN,C. (1989). Hormone concentrations and variability: Associations with Self-reported moods and energy in early adolescent girls. *Reports-research* (143). U.S. Michigan.

BUCHANAN, C., ECCLES,S. and BECKER,J. (1992). Are Adolescents the Victims of Raging Hormones: Evidence for Activational Effects of Hormones on Moods and Behavior at Adolescence. *Psychological Bulletin*, 111; 1: 62-107.

BUSSO,T., HÄKKINEN,K., PAKARINEN,A., KAUKANEN,H., KOMI,P. and LACOUR,JR. (1992). Hormonal adaptations and modelled responses in elite weightlifters during 6 weeks of training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 64:381-386.

CADOUX-HUDSON,T., FEX,J. and IMMS,F. (1985). The effect of exercise on the production and clearance of testosterone in well trained young men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 54:321-328.

CARLI,G., BONIFAZI,M., LODI,L., LUPO,C., MARTELLI,G. and VITI,A. (1986). Hormonal and metabolic effects following a football match. *Inter. Journal of Sports Med.*, 7: 36-38.

CARLI,G., LUPO,C., MARTELLI,G. and VITI,A. (1982). Hormonal changes in soccer players during an agonistic season. *J. Sports. Med.* 22: 489-494.

CELANI,M., MONTANINI,V. and MARRAMA,P. (1985). Effects of luteinizing hormone-releasing hormone (LRH) upon bioactive and immunoreactive serum LH in patients with Turner's syndrome before and after oestrogen treatment. *Acta Endocrinol.* 109:304-308.

COE,C., HAYASHI,L. and LEVINE,S. (1988). Hormones and behavior at puberty: Activation or concatenation. *Minnesota symposia on child psychology: vol, 21. , pp: 17-41.*

COMETTI,G. (1988). Bases científicas de la musculación moderna. *RED*, V2 , 6:2 a 8.

CORRAL,P., MAHON,A., DUNCAN,G., HOWE,CH. and CRAIG,B. (1994). The effect of exercise on serum and salivary cortisol in male children. *Med. Sci. Sports Exerc.* Vol 26 nº 11:1297-1301.

CUMMING,C., BRUSTING,L., STRICH,G., RIES,A. and REBAR,R. (1986), Patterns of hormonal response to exercise in untrained men. *Med. Sci. Sports. Exerc.*,18:369.

CUMMING,C., BRUSTING,L., STRICH,G., RIES,A. and REBAR,R. (1986). Reproductive hormone increases in response to acute exercise in men.. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 18: 369-373.

CUMMING,C., QUIGLEY,M. and YEN,S. (1983). Acute suppression of circulating testosterone levels by cortisol in men. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 57: 671-673.

CUMMING,C. and REBAR,R. (1983). The effect of exercise on reproductive function. *Am. J. Indust. Med.* 4: 113.

CUMMING,D., WALL,S., GALBRAITH,M. and BELCASTRO,A. (1987). Reproductive hormone responses to resistance exercise. *Med. Sci. Sports, Exerc.* 19(3): 234-238.

BIBLIOGRAFÍA

CUMMING,D., WALL,S., QUINNEY,H. and BELCASTRO,A. (1987). Decrease in serum testosterone levels with maximal intensity swimming exercise in trained male and female swimmers. *Endocr. Res*, 13(1): 31-41.

CUNNINGHAM,D. and EYNON,R. (1973). The working capacity of young competitive swimmers, 10-16 years of age. *Med. Sci. Sports*, 5:227-231.

DALE,W., GERLACH,D. and WILHITE,A. (1979). Menstrual dysfunction in distance runners. *Obstet. Gynecolo.*,54:47-53.

DANIELS,J. and OLDRIDGE,N. (1971). Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. *Med. Sci. Sports*, 3:161-165.

DAVIES,C. and YOUNG,K. (1984). Effects of external loading on short term power output in children and young male adults. *Eur. J. Appl. Phys.*, 52:351-354.

DE LIGNIERES,B., PLAS,J., COMMANDRE,F., MORVILLE,R., VIANI,J. and PLAS,F. (1976). Secretion testiculaire d'androgenes après effort physique prolongue chez l'homme. *Nouv.Press. Med.* 5: 2060-2064.

DE MEIRTEIR,K., BAEYENS,L., L'HERMITE,M. and HOLLMANN,W. (1985). Exercise-induced prolactin release is related to anaerobiosis. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 60:1250-1252.

DESSYPRIS,K., KUOPPOSALMI,K. and ADLERCREUTZ,H. (1976). Plasma cortisol, testosterone, androstenedione and luteinizing hormone (LH) in a non-competitive marathon run. *J. Steroid. Biochem.*, 7: 33-37.

DICK,F. (1993). Principios del Entrenamiento Deportivo. Editorial Paidotribo.. Barcelona.

DOHM,G. and LOUIS,T. (1978). Changes in androstenedione, testosterone and protein metabolism as a result of exercise. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*158:622-625.

DULAC,S., QUIRION,A., BRISSON,G. and DECARUFEL,D. (1986). Sex difference in serum testosterone response to long-distance swimming. *Hormone and Metabolic Research*, 18: 420-421.

EDWARDS,R. and HARRISON,M. (1984). Intravascular volume and protein responses to running exercise. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 16: 247-255.

EHLENZ,H., GROSSER,M. and ZIMMERMANN,E. (1990). Entrenamiento de la fuerza. Editorial Martínez Roca. Barcelona.

ELIAS,A.N., WILSON,A.F. (1993). Exercise and gonadal function. *Human Reproduction*. vol 8 n° 10 : 1747-1761.

FELLMANN,N., COUDERT,J., JARRIGE,J.F., BEDU,M., DENIS,C., BOUCHER,D. and LACOUR,J.R. (1985). Effects of endurance training on the androgenic response to exercise in man. *Int. J. Sports Med.*, 6: 215-219.

BIBLIOGRAFIA

FISCHER,H., HARTMANN,U., BECKER,R., KOMMANS,B., MADER,A. and HOLLMANN,W. (1992). The excretion of 17-ketosteroids and 17-hydroxycorticosteroids in night urine of rowers during altitude training. *Int. j. Sports Med.* 13:15-20.

FOZ,M. (1985). Enfermedades de las glándulas suprarrenales. *Medicina Interna*. Director Farreras Valenti, P. 10ª Ed. Barcelona. Editorial Marín, S.A. 1904- 1944.

FREEMAN,D. (1985). Estradiol acts as a competitive inhibitor of the 3 β -hydroxysteroid dehydrogenase/d5-d4 isomerase enzyme of cultured Leydig tumor cells. *Endocrinology*, 117:2127-2133.

FREUD, A. (1969). Adolescence as a developmental disturbance. Edit. Kaplan & S. Lebovici. pp. 5-10. New York: Basic books.

FREY,M. (1982). The endocrine response to physical activity. *Scand.J. Soc. Med.* (Suppl.). pp 71-75.

FRIEDL,K., PLYMATE,S., BERNHARD,W. and MOHR,L. (1988). Elevation of plasma estradiol in healthy men during a mountaineering expedition. *Hor.metabol. res.*, 20:239-242.

FRIEDMAN,R. (1975). The vicissitudes of adolescent development and what it activates in adults. *Adolescence*. 10: 552-526.

FRY,R.W, MORTON,A.R, GARCIA-WEBB,P. and KEAST,D.(1991). Monitoring exercise stress by changes in metabolic and hormonal responses over a 24-h period. *Europ. J. Appl. Physiol.* 63(2/4): 228-234.

GALBO,H., HUMMER,L., PETERSEN,B., CHRISTENSEN,N. and BIE,N. (1977). Thyroid and testicular hormone responses to graded and prolonged exercise in man. *Europ. J. Appl. Physiol.* 36:101-106.

GANONG,W.F. (1988). Manual de Fisiología Médica. *Manual moderno*. México.

GAWEL,M., PARK,D., ALAGHBAND-ZADEH,J. and ROSE,F. (1979). Exercise and hormonal secretion. *Postgrad. Med. J.*, 55: 373-376.

GIL SOARES DE ARAUJO,C. (1983). Curso de medicina do exercicio. Aspectos endocrinos do exercicio. *Rev. Bras. Ciencias do Esporte*, 3: 110-120.

GOLDBERG,A.L., ELTINGER,J.D., GOLDSPIK,L.F. and JABLECKI,D. (1975). Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Medicine in Science and Sports*, 7:248-261.

GONDOLA,J. and TUCKMAN,B. (1982). Psychological mood states in average marathon runners. *Perceptual and Motor skills*, 55:1295-1300.

GOOREN,L. and DAANTJE,C. (1986). Psychological stress as a cause of intermittent gynecomastia. *Horm. Metabol. Res.* 18: 424.

BIBLIOGRAFÍA

- GRANDI,M., GAVIOLI,C., PRADELLI,M., PEDERZOLI,S., TURRINI,S. and CELANI,M.F.(1988). Influenza dell'attività sportiva sull'asse ipotalamo-iposifo-testicolare. *Med. Sport*, Vol. 41, 6: 347-352.
- GREENLEAF,J., MORSE,J., BARNES,P., SILVER,J. and KEIL,L. (1983). Hipervolemia and plasma vasopressin response during water immersion in men. *J. Appl. Physiol.* 55: 1688.
- GROSSER,M. and MÜLLER,H. (1992). Desarrollo muscular. Un nuevo concepto de musculación. Editorial Hispano Europea, S.A. Barcelona.
- GUERRA-GARCÍA,R. (1971). Testosterone metabolism in men exposed to high altitude. *Acta Endocrinol.* Panama, 2: 55-59.
- GUGLIELMINI,C., PAOLINI,A. and CONCONI,F. (1984). Variations of serum testosterone concentrations after physical exercises of different duration. *Int. J. Sports. Med.* 5: 246-249.
- GUGLIELMINI,C., MANFREDINI,F., GRAZI,G., CASONI,I., MANFREDINI,R., MAZZONI,G. and CONCONI,F. (1992). Anabolic-catabolic imbalance due to hard training in biathletes. *Hungarian review of sports medicine.* 33(2):77-82.
- HACKNEY,A. (1989). Endurance Training and Testosterone Levels. *Sports Medicine*, 8 (2):117-127.
- HAHN,E. (1988). Entrenamiento con niños. Edito. Martínez Roca. Barcelona.
- HÄKKINEN,K., PAKARINEN,A., ALÉN,M., KAUKANEN,H. and KOMI,P. (1987). Relationships between training volume, physical performance capacity, and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. *Int. J. Sports Med.* 8(supple):61-65.
- HÄKKINEN,K., PAKARINEN,A., ALÉN,M., KAUKANEN,H. and KOMI,P. (1988). Daily Hormonal and Neuromuscular Responses to Intensive Strength Training in 1 Week. *Int. J. Sports Med.*, 9: 422-428.
- HÄKKINEN,K. (1989). Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. *J. Sports Med.* 29: 9-26.
- HÄKKINEN,K., PAKARINEN,A., KYRÖLÄINEN,H., CHENG,S., KIM,D. and KOMI,P. (1990). Neuromuscular Adaptations and Serum Hormones in Females During Prolonged Power Training. *Int. J. Sports Med.*, 91-98.
- HÄKKINEN,K., PAKARINEN,A. and KALLINEN,M. (1992). Neuromuscular adaptations and serum hormones in women during short-term intensive strength training. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 64: 106-111.
- HALE,R., KOSASA,T., KRIEGER,J. and PEPPER,S. (1983). A marathon: the immediate effect on female runners luteinizing hormone, follicle stimulating hormone, prolactin, testosterone and cortisol levels. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 146:550-556.

BIBLIOGRAFÍA

HANH,E. (1988). Entrenamiento con niños. Teoría, práctica, problemas específicos. Editorial Martínez Roca. Barcelona.

HARKONEN,N., KUOPPASALMI,K., NAVERI,H., TIKKANEN,H., ICEN,A., ADLERCREURTZ,H. and KARVONEN,J. (1984). Biochemical indicators in diagnosis of overstrain condition in athletes. *Sport Med. Exerc. Sci.*, Proceedings of Olympic Scientific Congress, Eugene, Oregon. USA.

HARRIS,B., COOK,N.J., WALKER,R.F., READ,G.F., RIAD-FAHMY,D. (1989). Salivary steroids and psychometric parameters in male marathon runners. *Br. Journal Spor. Medicine*, Vol., 23 ,nº 2: 89-93.

HAUPTMANN,M. and HARRE,D. (1987). El entrenamiento de la fuerza máxima. *RED*, Volu. 1, revista 2 páginas 11 a 18.

HEGÜEDUS,J. (1988). La ciencia del entrenamiento deportivo. Editorial. Estadium. Buenos Aires.

HICKSON,R.C., HIDAKA,K., FOSTER,C., FALDUTO,M.T. and CHATTERTON,R.T. (1994). Succesive time courses of strength developement and steroid hormone responses to heavy-resistance training. *J. Appl. Physiol.*, 76(2): 663-670.

HICKSON,R.C., CZERWINSKI,S.M., FALDUTO,M.T. and YOUNG,A.P. (1990). Glucocorticoid antagonism by exercise and androgenic-anabolic steroids. *Med. Sci. Sports. Exerc.*,Vol. 22 (3):331-340.

JACOBSON,E. (1961). Adolescent moods and the remodeling of psychic structures in adolescence. *The psychoanalytic study of the child*, 16: 164-183.

JENSEN,J., OFTEBRO,H., BREIGAN,B., JOHNSON,A., ÖHLIN,K., MEEN,H. and STROMME,SB. (1991). Comparison of changes in testosterone concentrations after strength and endurance exercise in well trained men. *Eur. J. Appl. Physiol*, 63: 467-471.

JEUKENDRUP,A.E., HESSELINK,M.K.C., SNYDER,C., KUIPERS,H. and KEIZER,H. (1992). Physiological Changes in Male Competitive Cyclist after Two Weeks of Intensified Training. *Int. J. Sports. Med.* 13(7):534-541.

JOHNSON,C., STONE,M., BYRD,R. and LOPEZ,S.(1983). The response of serum lipids and plasma androgens to weight training exercise in sedentary males. *J. Sports. Med.* 23: 39-44.

JURICKSKAY,Z. and MEZEY,B.(1994). Effect of regular training on the anthropometric parameters and urine steroids in childhood. *Eur. J. Appl. Physiol.* 68:367-372.

JURKOWSKI,J., JONES,N., WALKER,W., YOUGLAI,W. and SUTTON,J. (1978). Ovarian hormonal responses to exercise. *J. Appl. Physiol.*, 44: 109-114.

KANALEY,J.A., BOILEAU,R.A., BAHR,J.M., MISNER,J.E. and NELSON,R.A. (1992). Substrate oxidation and GH responses to exercise are independent of menstrual phase and status. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24:873-880.

BIBLIOGRAFIA

KASSIL,G., WEISSFELD,I., MATLINA,E. and SCHREIBERG,G. (1978). Mecanismos hormonales y hormonales de regulación de las funciones en la actividad deportiva. Moscú. Naúka, pág.- 304.

KEIZER,H., POORTMAN,J. and BUNNIK,G. (1980). Influence of physical exertion on sex hormone metabolism. *J. Appl. Physiol.*, 48: 765-769.

KEIZER,H., VanSOEST,O., KUIPERS,H. and BECKERS,E. (1984). Exercise-induced androgen responses in trained and untrained women. *Medicine and Science in Sports and Exercise.*, 16: 118-119.

KEIZER,H. (1987). Hormonal Responses in Women as a Function of Physical Exercise and Training. *Int. J. Sports Med.*, 8:137-138.

KESTENBERG, J.S. (1967a). Phases of adolescence: Part I. *Journal of the American Academy of Child Psychiatry*,6: 426-463.

KESTENBERG, J.S. (1967b). Phases of adolescence: Part II. *Journal of the American Academy of Child Psychiatry*, 6: 577-614.

KRAEMER,R., KILGORE,J., KRAEMER,G. and CASTRACANE,D. (1992). Growth hormone, IGF-I, and testosterone responses to resistive exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 24, nº 12: 1346-1352.

KRAEMER,W.(1988). Endocrine responses to resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol 20 (5)-S152-S157.

KUIPERS,H. and KEIZER,H. (1988). Overtraining in Elite Athletes. Review and Directions for the Future. *Sports Medicine* . 6: 79-92.

KUOPPOSALMI,K. (1980a). Plasma testosterone and sex-hormone binding capacity during treadmill exercise. *J. Appl. Physiol.*,49: 249-253.

KUOPPOSALMI,K. (1980b). Plasma testosterone and sex-hormone-binding globulin capacity in physical exercise. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 40:411-418.

KUOPPOSALMI,K., NAVERI,H., HARKONEN,M. and ADLERCREUTZ,H. (1980). Plasma cortisol, androstenedione, testosterone and luteinizing hormone in running exercise of different intensities. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*. 40: 403-409.

KUOPPOSALMI,K., NAVERI,H., REHUNEN,S., HARKONEN,M. and ADLERCREUTZ,H. (1976).Effect of strenuous anaerobic running exercise on plasma growth hormone, cortisol, luteinizing hormone, testosterone, androstenedione, estrone and estradiol. *J. Steroid. Bioche.* 7: 823-829.

KUUSI,T., KOSTIAINEN,E., VARTIAINEN,E., PITKANEN,L., EHNHOLM,C., KORHONEN,H., NISSINEN,A. and PUSKA,P. (1984). Acute effects of marathon running on levels of serum lipoproteins and androgenic hormones in healthy males. *Metabolism*.33: 527-531.

BIBLIOGRAFÍA

KUZNETSOV, VV. (1984). Metodología del Entrenamiento de la Fuerza para Deportistas de Alto Nivel. Editorial Stadium. Buenos Aires.

LACOSTE, A., GAUTIER, D., GUEZENNEC, C.Y., HUET, F. and JOUSSELLIN, E. (1994). Problèmes posés par la détection du dopage à la testostérone. *Science & Sports*. 9:55-57.

LACHELIN, G., BARNETT, M., HOPPER, B., BRINK, G. and YEN, S. (1979). Adrenal function in normal women and women with the polycystic ovary syndrome. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 49: 892-898.

LAMB, D.R. (1975). Androgens and exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 7:1-5 .

LAMBERT, G. (1993). El Entrenamiento Deportivo. Preguntas y Respuestas. Editorial Paidotribo. Barcelona.

LEHEUP, B., BODELET, F., HUOT, J., DOUSSET, B., DE TALENCE, M. and PIERSON, M. (1989). Modifications de la réponse de l'axe hypothalamo-hypophyséogonadique des jeunes hommes soumis à un exercice intensif. *Cinésiologie*. XXVIII, 137-141.

LEHMAN, M., GASTMANN, U., PETERSEN, K., BACHL, N., SEIDEL, A., KHALAF, A., FISCHER and KEUL, J. (1992). Training-overtraining: Performance, and hormone levels, after a defined increase in training volume versus intensity in experienced middle- and long-distance runners. *Br. Jour. Sports Med.* 26(4): 233-242.

LE UNES, A., HAYWARD, S.A. and DAISS, S. (1989). Annotated Bibliography on the Profile of Mood States in Sport. 1975-1988. *Journal of Sport Behavior*. 11(3): 213-240.

LEVIN, J., LLOYD, C., LOBOTSKY, J. and FRIEDRICH, E. (1976). The effect of epinephrine on testosterone production. *Acta Endocrinol.*, 55:184-192.

LÓPEZ, J., NAVARRO, M., BARBANY, J., GARCIA, J., BONNIN, M. and VALERO, J. (1993). Salivary Steroid Changes and Physical Performance in Highly Trained Cyclists. *Int. J. Sports Med.* 14: 111-117.

LUGER, A., DEUSTER, P., GOLD, P., LORIAUX, D. and CHROUSOS, G.. (1988). Hormonal Responses to the Stress of Exercise. p.273-280.

LUTOSLAWSKA, G., OBMINSKI, Z., KROUGULSKI, A. and SENDECKI, W. (1991). Plasma cortisol and testosterone following 19-km and 42-km kayak races. *Journal of sports medicine and physical fitness*. pp. 538-542 .

MALINA, R. (1984). Human growth, maturation, and regular physical activity, in Boileau RA (ed): *Avances in Pediatric Sport Sciences*. Champaign, *Human Kinetics Publishers Inc*, vol-1 cap.3.

MALINA, R. (1982). Physical growth and maturity characteristics of young athletes, in Magill IRA, Ash MJ, Sproll FI (Eds): *Children in Sports*. Champaign, Human Kinetics Publishers Inc, cap.6.

BIBLIOGRAFÍA

MALINA,R. (1994). Physical activity and training: effects on stature and the adolescent growth spurt. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 26(6): 759,766.

MANNO,R. (1991). Fundamentos del entrenamiento deportivo. Editorial Paidotribo, Barcelona.

MARINELLI,M., ROI,G., GIACOMETTI,M., BONINI,P. and BANFI,G. (1994).Cortisol, Testosterone, and Free Testosterone in Athletes Performing a Marathon at 4.000 m Altitude. *Horm Res*, 41:225-229.

MAROULIS,G. and ABRAHAM,G. (1980). Concentration of androgens and cortisol in the zones of the adrenal cortex. In: Genazzani A, Thijssen J. Siiteri P, eds. *Adrenal androgens*. New York: Raven Press, 49-53.

MARUYAMA,Y., AOKI,N., SUZUKI,Y., SINOHARA,H. and YAMAMOTO,T. (1984). Variation with age in the levels of sex-steroid-binding plasma protein as determined by radioimmunoassay. *Acta Endocrinológica (Copenh.)*106: 428-432.

MARX,K., KISCHE,B., LENZ,H. and HOFFMANN,P. (1986).Die Gonadotropine and Sexualsteroid e während des Menstruationszyklus bei jungen sport-treibenden Frauen. *Medizin und Sport*. 26: 51-54.

MATVEIEV,L.(1983). Fundamentos del entrenamiento deportivo. Editorial Raduga, Moscú,

McARDLE,W., KATCH,F. and KATCH,V. (1990). Fisiología del ejercicio. Capítulo 20: El sistema endocrino y el ejercicio. Editorial Alianza Deporte. 345,366.

McCONNIE,S., BARKAN,A., LAMPMAN,R., SCHORK,M. and BEITINS,I.. (1986). Decreased hypothalamic gonadotropin-releasing hormone secretion in male marathon runners. *New England Journal of Medicine*. 315: 411-417.

McCRAKEN,J.T. and POLAND,R.E. (1989). Saliva and serum cortisol dynamics following intravenous dexamethasone in normal volunteers. *Life Sci.* 45: 1781-1785.

McDOWELL,S., HUGHES,R.A., HUGHES,R.J., HOUSH,T. and JOHNSON,G. (1992). The Effect of Exercise Training on Salivary Immunoglobulin A and Cortisol Responses to Maximal Exercise. *Int. J. Sports Med*. 13: 577-580.

McGOVERN,M. (1984). Effects of circuit weight training on the physical fitness of prepubescent children. *Diss. Abstr. Int.*, 45: 452-A.

McGOWAN,R.W. and JORDAN,C.D. (1988). Mood states and physical activity. Louisiana Alliance for Health, Physical Education. *Recreation and Dance Journal*. 15 (2):12-13, 17, 32.

MEERSON,F. 1986). Principales leyes de la adaptación individual. "Fisiología de los procesos de adaptación". Moscú. Naúka, págs.- 10-76.

BIBLIOGRAFÍA

MELESKI,B. (1980). Growth, Maturity, Body Composition, and Selected Familial Characteristics of Competitive Swimmers 8 to 18 Years of Age. *Thesis*. University of Texas, Austin,

MERO,A., KAUFANEN,H., PELTOLA,E., VUORIMAA,T. and KOMI,P. (1990). Physiological performance capacity in different prepubescent athletic groups. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 30:57-66.

MERSCH,F. and STOBOY,H. (1989). Strength training and muscle hypertrophy in children. In: *International Series on Sport Sciences. Children and Exercise XIII*, S. Oseid and K-H Carlsen (Eds) Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, Inc, pp 165-182.

METIVIER,G., GAUTHIER,R., DE LA CHEVROTIERE,J. Y GRIMALA,D. (1980). The effect of acute exercise on the serum levels of testosterone and luteinizing (LH) hormone in human-male athletes. *J. Sports Med. Physical Fitness*. 20,3:235-238.

METIVIER,G. (1984). Pituitary and gonadal secretory variations and control mechanism during physical exercise. *J. Sports. Med.* 25: 18-26.

MORGAN, W.P. (1979). Prediction of performance in athletics. En Klavora, P y Daniel, J.V. (Eds) *Coach, athlete and the sport psychologist*. Twin Offset Limited, Toronto. Canadá.

MORGAN, W.P.(1980). Test of Champions. *Psychology Today*, 92-93, 97-99, 102-108.

MORGAN,W.P. and POLLOCK,M.J. (1977). Psychological characterization of the elite distance runner. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 301: 382-403.

MORGAN,W.P., BROWN,D.R., RAGLIN,J.S., O'CONNOR,P.J. and ELLICKSON,K.A. (1987). Psychological Monitoring of Overtraining and Staleness. *British Journal of Sports Medicine*, 21 (3); 107-114.

MORGAN,W.P., COSTILL,D.L., FLYNN,M.G., RAGLIN,J.S. and O'CONNOR,P.J. (1988). Mood Disturbance Following Increased Training in Swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20 (4); 408-414.

MORVILLE,R., PESQUIES,P., GUEZZENEC,C., SERRURIER,B. and GUINARD,M. (1979). Plasma variations in testicular and adrenal androgens during prolonged physical exercise in man. *Ann. Endocrinol.*, 40: 501-510.

MURRAY,F., CAMERON,D., VOGEL,R., THOMAS,R., WYSS,H. and ZAUNER,C. (1988). The pituitary-testicular axis at rest and during moderate exercise in males with diabetes mellitus and normal sexual function. *J. of Andro.*, vol-9: 197-206.

NANJEE,M.N. and WHEELER,M.J. (1985). Plasma free testosterone -is an index sufficient?. *Ann Clin. Biochem.* 22:387-390.

NICKLAS,B., SMITH,A., SMITH,M., ROGERS,M., HARMAN,S., BLACKMAN,M., RUBIN,M., MILLER,J. and HURLEY,B. (1993). Acute and chronic anabolic hormonal responses to resistive exercise in older men. *Poster en Official Journal of the American College of Sports Medicine*.

BIBLIOGRAFIA

O'CONNOR,P.J., MORGAN,W.P., RAGLIN,J.S., BARKSDALE and KALIN.(1989). Mood state and salivary cortisol levels following overtraining in female swimmers. *Psychoneuroendocrinology*. 14(4): 303-310.

OFFER,D. (1969).The psychological world of the teen-ager: A study of normal adolescent boys. New York: *Basic books*.

OFFER, D. & OFFER, J.B. (1975). From teenage to young manhood. New York *Basic books*.

OPSTAD,P. and AAKVAAG,A. (1981). Decreased seraum levels of estradiol, testosterone and prolactin during prolonged physical strain and sleep deprivation, and the influence of a high calorie diet. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 49:343-348.

OPSTAD,P. and AAKVAAG,A.(1983). The effect of sleep deprivation on the plasma levels of hormones during prolonged physical strain and calorie dificiency. *Eur J. Appl. Physiol*. 51: 97-107.

OPSTAD,P. (1992) Androgenic hormones during prolonged physical stress, sleep and energy deficiency. *J. Cli. Endocrinol. Metab.*, 74: 1174-1183.

OPSTAD,P. (1992). The hypothalamo-pituitary regulation of androgen secretion in young men after prolonged physical stress combined with energy and sleep deprivation. *Acta Endocrinologica*. 127: 231-236.

OZMUN,J.C., MIKESKY,A.E. and SURBURG,P.R. (1994). Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Med. Sci. Sports Exerc.*,26 (4): 510-514.

PARDRIDGE,W. (1984). Serum bioavailability of sex steroid hormones. *Clinics in Endocrinology and Metabolism*. 59: 259-278.

PEARLMAN,W. 1970). Measurement of testosterone binding sites. In: *Steroid Assay by Protein Binding*; Diczfaulusy, Ed. Karolinska Institute, Stockholm, (pp. 225-238.

PÉREZ,G., SOLANAS,A. y FERRER,M. (1993). Monitorització contfnua de l'estat d'ànim en els nedadors. *Apunts*. Volumen XXX. 87-96.

PFEIFER,R., FRANCIS,R. (1986). Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent and post-pubescent males. *Physician Sportsmed.*, 14: 134-143.

PLATONOV,V. (1988).El entrenamiento deportivo. Editorial Paidotribo. Barcelona.

PLATONOV,V. (1991).La adaptación en el deporte. Deporte & Entrenamiento. Editorial Paidotribo. Barcelona.

PLATONOV,V. and BULATOVA,M. (1993).La preparación física. Editorial Paidotribo. Barcelona.

PLYMATE,S., PAULSEN,C. and SMITH,M. (1981). The value of sex hormone binding globulin in clinical medicine. *Ligand Rev*. 3:7-11.

BIBLIOGRAFÍA

PORT, K. (1991). Serum and saliva cortisol responses and blood lactate accumulation during incremental exercise testing. *Int. J. Sports Med.* 12: 490-494.

PRIIATKIN,S., MOROZOV,V. and ROGOZKIN,V. (1988). Effect of physical exertion on the factors of nonspecific resistance and steroid hormone levels in human blood. *Fiziol-Cheloveka.* 14(4): 606-612.

RAGLIN,J.S., MORGAN,W.P. and O'CONNOR,P.J. (1991). Changes in Mood States during Training in Female and Male College Swimmers. *Int J Sports Med.* 12(6): 585-589.

RAMSAY,J., BLIMKIE,C., SMITH,K., SCOTT,G., MacDOUGALL,J., SALE,D. (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Med. Sci. in Sports and exercise.* 22:605-614.

RASMUSSEN,D. (1986). New concepts in the regulation of hypothalamic gonadotropin releasing hormone (GnRH) secretion. *J. Endocrinol. Invest.,* 9:427-437.

RICH,P.A., VILLANI,R., FULTON,A., ASHTON,J., BASS,S., BRINKERT,R. and BROWN,P. (1992). Serum cortisol concentration and testosterone to cortisol ratio in elite prepubescent male gymnasts during training. *Eur J Appl. Physiol.* 65:399-402.

RIDDICK,C.C. (1984). Comparative Psychological Profiles of Three Groups of Female Collegians: Competitive Swimmers, Recreational Swimmers, and Inactive Swimmers. *Journal of Sport Behavior,* 7 (4). 160-174.

RIEU,M. (1993). La biología del deportista. *Mundo Científico.* nº 124. Vol.12 pp 870-879.

RIVIER,C., RIVIER,J. and VALE,W. (1986). Stress-induced inhibition of reproductive functions: role of endogenous corticotropin-releasing factor. *Science,* 231:607-609.

RODRÍGUEZ,C., RODRÍGUEZ,A., MAYNAR,J. and CORTÉS,R. (1989).A new study of testosterone levels with regard to epitestosterone in a male adolescent population with different intensities of sporting activities. *Revista de Investigación y Documentación sobre las ciencias de la Educación Física.* nº 12-13.

ROGOL,A.D. (1994). Growth at puberty: interaction of androgens and growth hormone. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26 (6):767-770.

RONKAINEN,H. (1985). Depressed follicle-stimulating hormone, luteinizing hormone, and prolactin responses to the luteinizing releasing hormone, thyrotropin-releasing hormone. *Fertility and Sterility.* 44: 755-759.

ROSE,R., BOURNE,P., POE,R., MOUGHEY,E., COLLINS,D. and MASON,J. (1969). Androgen responses to stress. II. Excretion of testosterone, epitestosterone, androsterone and etiocholanolone during basic combat training and under threat of attack. *Psychosom. Med.,* 5:418-436.

ROWELL,L. (1974). Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiol. Rev.,* 54: 75-159.

BIBLIOGRAFÍA

ROWLAND,T.W., MORRIS,A., KELLEHER,J., HAAG,B. and REITER,E. (1987). Serum testosterone response to training in adolescent runners. *Am. J. Dis. Child.*, 141(8): 881-883.

ROWLAND,T.W. (1981). Physical fitness in children: Implications for the prevention of coronary artery disease. *Cur. Probl. Pediatr.* 11:1-54.

RUTTER,M., GRAHAM,P., CHADWICK,O. and YULE,W. (1976). Adolescent turmoil: Fact or fiction?. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17: 35-56.

SAILORS,M. and BERG,K. (1987). Comparison of responses to weight training in pubescent boys and men. *J. Sports Med.* 27:30-37.

SALVADOR, A. (1995). Respuesta psicoendocrina al estrés competitivo. *V Congreso Nacional de Psicología de la Actividad Física y el Deporte*. Valencia. 91- 97.

SALVADOR, A., SUAY,F., MARTÍNEZ-SANCHIS, S., GONZÁLEZ-BONO,E. ,RODRÍGUEZ,M. and GILABERT,A. (1995). Deporte y salud: Efectos de la actividad deportiva sobre el bienestar psicológico y mecanismos hormonales subyacentes. *R.P.G.A.* (en prensa).

SAWHNEY,R., CHABRA,P. and RAI,R. (1984). Plasma LH, FSH testosterone & LH response to GnRH during exercise in man.*Indian. J. Med. Res.* 79: 523-528.

SCHMID,P., PUSCH,H., WOLF,W, PILGOR,E., POSSENHOFER,H., SCHWABERGER,G., PRISTAUTZ and PURSTNER,P. (1982). Serum FSH, LH and testosterone in humans after physical exercise. *Int. J. Sports. Med.* 3: 84-89.

SCHOLICH,M. (1989).Entrenamiento en circuito. Editorial Stadium. Buenos Aires.

SCHURMEYER,T., JUNG,K. and NIESCHLAG,E. (1984). The effect of an 1100 kms. run on testicular, adrenal and thyroid hormones. *Int. J. Andrology*, 7, 4: 276-282.

SCHWAB,R., JOHNSON,G.O., HOUSH,T.J., KINDER,J.E. and WEIR,J.P. (1993). Acute effects of different intensities of weight lifting on serum testosterone. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25(12): 1381-1385.

SEIDMAN,D., DOLEV,E., DEUSTER,P., BURSTEIN,R., ARNON,R. and EPSTEIN,Y. (1990). Androgenic Response to Long-Term Physical Training in Male Subjects. *Int. J. Sports Med.* 11(6): 421-424.

SHANGOLD,M. (1984). Exercise and the adult female: Hormonal and endocrine effects. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 12:53-80.

SHANGOLD,M., GATZ,M. and THYSEN,B. (1981). Acute effects of exertion on plasma concentrations of prolactin and testosterone in recreational women runners. *Fertil. Steril.*35: 699-702.

SIEGEL,P.D. (1988).Fitness in prepubescent children: implications for exercise training. *NSCA Journal*, Vol.10-nº3:43-48.

BIBLIOGRAFÍA

SNEGOVSKAYA,V. and VIRU,A. (1993). Elevation of Cortisol and Growth Hormone Levels in the Course of Further Improvement of Performance Capacity in Trained Rowers. *Int. J. Sports Med.*, 14: 202-206.

SOUTHREN,A., GORDON,G. and TACHIMOTO,S. (1968). Further study of factors affecting the metabolic clearance rate of testosterone in man. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*28: 1105.

STEINACKER,J., LASKE,R., HETZEL,W., LORMES,W., LIU,Y. and STAUCH,M. (1993). Metabolic and Hormonal Reactions During Training in Junior Oarsmen. *Int. J. Sports Med.*, 14 (1): S24- S28.

STRAUSS,R., LANESE,R. and MALARKEY,W. (1985). Weight loss in amateur wrestlers and its effect on serum testosterone levels. *JAMA*, 254:3337-3338.

SUAY,F. (1993) Respuestas hormonales a la agresión competitiva en seres humanos. Tesis. Dpto. de Metodología, Psicobiología y Psicología Social. Area de Psicobiología. Valencia.

SUTTON,J., COLEMAN,M., CASEY,J. and LAZARUS,L. (1973). Androgen responses during physical exercise. *Brit. Med. J.* 1:520-522.

SUTTON,J., COLEMAN,K. and CASEY,J. (1978). Testosterone production rate during exercise. In: *Third International Symposium on Biochemistry of Exercise.* pp 227-234.

SUTTON,J., FARRELL,P. and HARBER, V. (1988) Hormonal Adaptation to Physical Activity. En BOUCHARD, SHEPHARD, STEPHENS, SUTTON and McPHERSON. *Exercise, Fitness and Health.* Human kinetics books, 217-257.

TEGELMAN,R., LINDESKOG,P., CARLSTROM,K., POUSETTE,A. and BLOMSTRAND,R. (1986). Peripheral hormone levels in healthy subjects during controlled fasting. *Acta Endocrinologica* (Copenh.), 113: 457-462.

TEGELMAN,R., CARLSTROM,K. and POUSETTE,A. (1988). Hormone levels in male ice hockey players during a 26-hour cup tournament. *Int. J. Androl.*, 11(5): 361-368.

TEGELMAN,R., JOHANSSON,C., HEMMINGSSON,P., EKLÖF,R., CARLSTRÖM,K. and POUSETTE,A. (1990). Endogenous Anabolic and Catabolic Steroid Hormones in Male and Female Athletes During Off Season. *Int. J. Sports Med.* Vol, 10 n° 2: 103-106.

TERJUNG,R. (1977). Endocrine response to exercise. *Med. and Science in Sports*, 9, 4.

TSAI,L., JOHANSSON,C., POUSETTE,A., TEGELMAN,R., CARLSTRÖM,K. and HEMMINGSSON,P. 1991). Cortisol and androgen concentrations in female and male elite endurance athletes in relation to physical activity. *Eur. J. Appl. Physiol.* ((63):308-311.

TSAI,L., KARPAKKA,J., AGINGER,C., JOHANSSON,C., POUSETTE,A. and CARLSTRÖM,K. (1993). Basal concentrations of anabolic and catabolic hormones in relation to endurance exercise after short-term changes in diet. *Euro. J. Appli. Physiol. Occupat. Physiology.* 66(4): 304-308.

BIBLIOGRAFÍA

VANDER,A., MOORE,L., BREWER,G., MENON,K. and ENGLAND,B. (1978). Effects of high altitude on plasma concentrations of testosterone and pituitary gonadotropins in man. *Aviat. Space Environ. Med.*, 49:356-357.

VASAUKARI,T., KUJALA,U., HEINONEN,O. and HUHTANIEMI,I.(1993). Effects of endurance training on hormonal reponses to prolonged physical exercise in males. *Acta Endocrinol.* 129: 109-113.

VERJOSHANSKI,J. (1984).La preparción específica de la fuerza. Editorial Ri. di Cultura Sportiva.

VERJOSHANSKY,J. and VIRU,A. (1987). Algunas leyes de la adaptación larga del organismo del deportista a las cargas físicas. "Fisiología del ser humano". t 13, nº 5, pág. 811-818.

VERJOSHANSKI,J. and VIRU,A. (1992). La adaptación a largo plazo. *RED*, Volumen, 6; revista, 6; páginas 19 a 26.

VERJOSHANSKI,J. (1990). Entrenamiento deportivo. Planificación y Programación. Editorial Martínez Roca. Barcelona.

VERMEULEN,A. (1980). Adrenal androgens and aging. In:Genazzini A. Thijssen J. Siiteri P. eds. *Adrenal androgens*. New York: Raven press, 207-217.

VERMEULEN,A. (1983). Androgen secretion by adrenal and gonads. In: Mahesh VB, Greenblatt-RB eds. *Hirsutisme and virilisme. Pathogenesis, diagnosis and management*. Bristol: John Wright MG; 17-34 (1622).

VERMEULEN,A., STOICA,T. and VERDONCK,L. (1971). The apparent free testosterone concentration: An index of androgenicity. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 33: 759-767.

VERMEULEN,A. 1994). Clinical Problems in Reproductive Neuroendocrinology of Men. *Neurobiology of Aging*. Vol. 15, nº 4:489-493.

VERVOORN,C., QUIST,A.M., VERMULST,L.J.M., ERICH,W.B.M., DE VRIES,W.R. and THIJSEN,J.H.H. (1991). The Behaviour of the Plasma Free Testosterone/Cortisol Ratio during a Season of Elite Rowing Training. *Int. J. Sport Med.* 12: 257-263.

VERVOORN,C., VERMULST,L.J.M., BOELENS-QUIST,A.M., KOPPECHAAR,H.P.F., ERICH,W.B.M., THIJSEN,J.H.H. and DE VRIES,W.R. (1992). Seasonal changes in performance and free testosterone:cortisol ratio of elite female rowers. *Eur J Appl Physiol.* 64:14-21.

VINING,R.F. and MCGINLEY,R.A.. (1987). The measurement of hormones in saliva: possibilities and pitfalls. *J. Steroid Biochem.* 27:81-94.

VIRU,A. and KYRGUE,P.K. (1977). Las hormonas y la capacidad ded trabajo deportivo. Moscú, Fizcultura i sport, 160 pág.

BIBLIOGRAFÍA

VIRU,A. (1984). The Mechanism of Training Effects: A hypothesis. *Int J. Sports Ped.*,5: 219-227.

VIRU,A. (1992). Plasma Hormones and Physical Exercise. *Int. J. Sports Med.* 13: 201-209.

VIRU,A. (1992). Hormonal and metabolic foundations of training effects: sex differences. *Med Sport.* 45: 29-38.

VOGEL,R., BOOKS,C., KETCHUM,C., ZAUNER,C. and MURRAY,F. (1985). Increase of free and total testosterone during submaximal exercise in normal males. *Med. and science in Sports and Exercise.* 17.1: 119-123.

VRIJENS,J. (1978). Muscle strength development in the pre- and post-pubescent age. In: *Medicine and Sport*, Vol. 11. *Pediatric Work Physiology*. J. Borms and M. Hebbelinck (Eds) New York, S Karger AG, pp 152-158.

WALL,S. (1984). Changes in plasma growth hormone and testosterone with acute maximal exercise in boys during puberty. *Master's Thesis*, University of Western Ontario, London, Ontario.

WATTS,J., GILDERS,R., VERDUN,M. and LOUCKS,A. (1993). Cortisol responses to exercise must be referenced to the circadian baseline variation on another day. *40th. Annual Meeting of the American College of Sports Medicine.*

WEBB,M., WALLANCE,J., HAMILL,C., HODGSON,J. and MASHALY,M. (1984). Serum testosterone concentration during two hours of moderate intensity treadmill running intrainde men and women. *Endocri. Res.* 10/1: 27-38.

WEINECK,J. (1988). Entrenamiento óptimo. Editorial Hispano Europea. Barcelona.

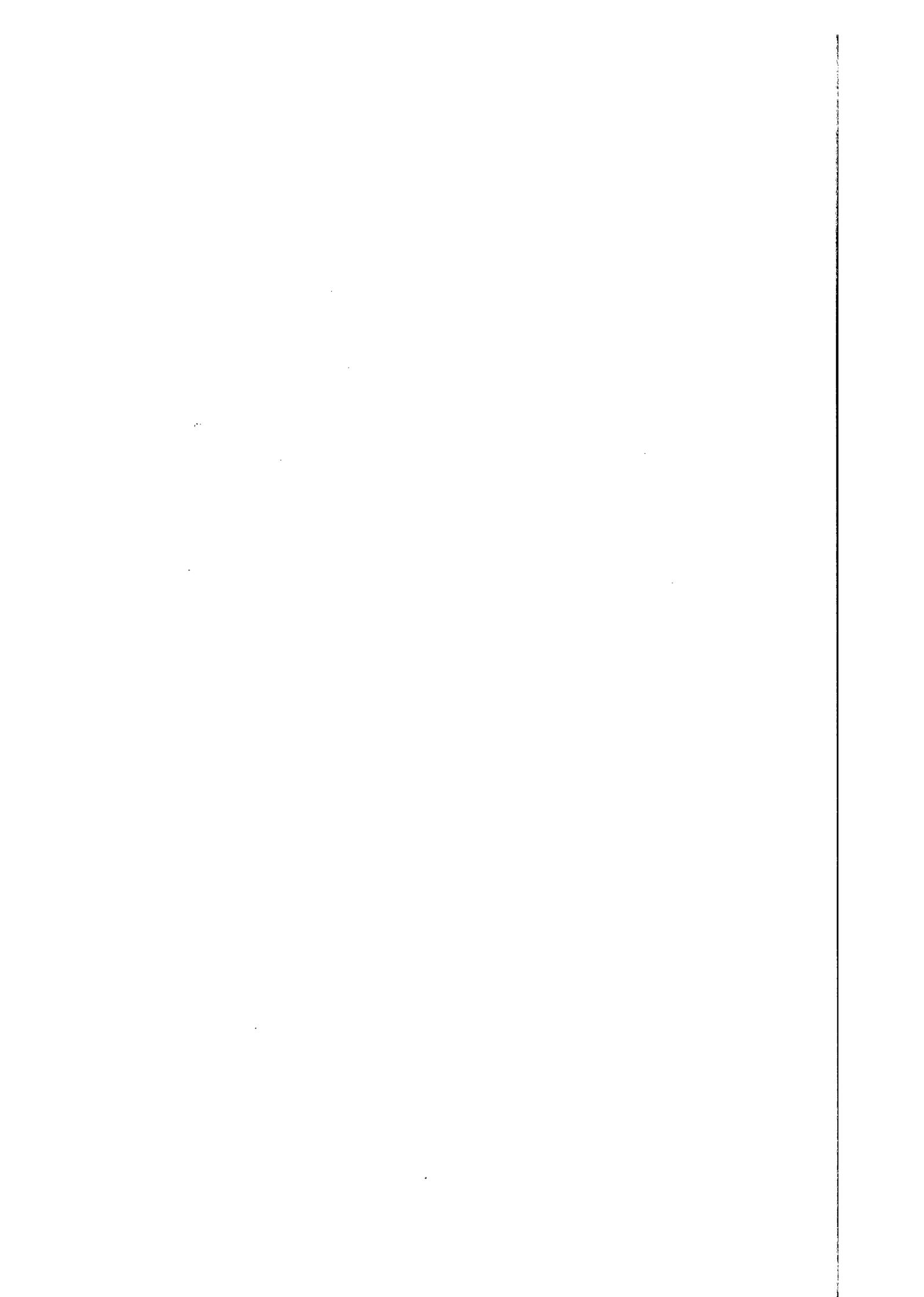
WHEELER,G., WALL,S., BELCASTRO,A. and CUMMING,D. (1984). Reduced serum testosterone and prolactin levels in male distance runners. *JAMA.* 27; 252(4): 514-516.

WILKERSON,J., HORVATH,S. and GUTIN,B. (1980). Plasma testosterone during treadmill exercise. *J. Appl, Physiol.* 49 (2): 249-253.

WILSON,J. and FREEMAN,W. (1986). Psychological testing as an auxiliary means of selecting successful college and professional football players. *Journal of Sports Medc. and Physical Fitness.*29:274-278.

WINTER,J. (1978). Prepuberal and pubertal endocrinology. In: *Human Growth. 2 Postnatal Growth*, F. Faulkner and J.M. Tanner (Eds). New York: Plenum Press, pp. 182-213.

WINTER,J. and FALMAN,C. (1972). Pituitary-gonadal relations in male children and adolescents. *Pediatr. Res.* 6:126-135.



ANEXO

SUJ	GRU	SEX	BIC1	BIC2	BIC3	TR1	TR2	TR3	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3	CI1	CI2	CI3
4	GE	HOM	15	18	23	10	15	22	27	32	27	6	14	17	8	10	20
5	GE	HOM	16	14	18	8.5	11	12	26	34	28	10	9	7	12	10	9
14	GE	HOM	24	24	27	16	21	26	26	34	32	10	18	19	10	16	19
17	GE	HOM	18	14	18.5	10	13	16	24	36	37	1	1	1	8	7	7
20	GE	HOM	20	20	26	8	12.5	13.5	26	30	38	4	5	6	3	4	5
25	GE	HOM	21	32	32.5	16.5	18.5	26	33	30	34	12	14	16	8	10	13
35	GE	HOM	18	22.5	28.5	17	24	31	30	32	35	14	21	26	14	19	25
2	GC	HOM	10	11	8.5	7	7	11	25	24	28	6	5	6	1	1	2
3	GC	HOM	28	28.5	26	14	14	14.5	18	20	27	7	7	5	8	8	8
13	GC	HOM	16	19	17	6.5	11	10.5	28	20	16	3	5	3	5	1	1
21	GC	HOM	28	28.5	32.5	19	20	19	30	22	36	20	22	20	18	19	18
22	GC	HOM	18.5	20	21	9.5	13.5	13.5	32	34	33	8	6	7	12	12	11
23	GC	HOM	25	26	27	13	20	26	28	30	34	15	15	15	20	17	20
24	GC	HOM	18.5	21	26	8.5	12	10.5	23	21	33	7	12	24	6	7	12
26	GC	HOM	21.5	24.5	24.5	9.5	12	18.5	28	27	30	8	11	12	7	9	14
34	GC	HOM	16.5	16.5	18.5	12.5	12.5	12.5	28	27	30	10	10	16	9	10	17

TABLA I: DATOS DE LA FUERZA DE LOS HOMBRES EN EL GRUPO EXPERIMENTAL Y EL GRUPO CONTROL EN LAS TRES MEDICIONES

SUJ	GRU	SEX	BIC1	BIC2	BIC3	TR1	TR2	TR3	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3	CI1	CI2	CI3
7	GE	MUJ	10.5	12.5	14	4	10	12	14	13	20	2	2	4	0	1	3
8	GE	MUJ	7.5	8	10	4	9	12	22	36	28	2	7	12	1	3	7
19	GE	MUJ	6.5	13	16	5	10	12	26	37	43	8	10	14	12	20	20
29	GE	MUJ	12.5	12.5	16	6.5	8.5	11	27	28	34	4	7	10	4	5	10
30	GE	MUJ	14	15	16	4	6.5	8.5	24	32	35	0	8	11	0	7	10
31	GE	MUJ	9	8.5	14.5	4	6.5	12.5	22	25	30	3	10	14	3	10	16
1	GC	MUJ	12.5	11.5	14	7	7	7	26	24	24	4	4	3	1	1	0
18	GC	MUJ	11	12	11	6	7	8.5	23	28	30	1	2	5	0	2	1
27	GC	MUJ	14	16	16	11	13.5	10.5	29	35	41	12	13	11	12	10	9
28	GC	MUJ	12	13.5	13.5	6	8.5	10.5	24	35	33	0	0	0	0	0	0

TABLA II: DATOS DE LA FUERZA DE LAS MUJERES EN EL GRUPO EXPERIMENTAL Y EL GRUPO CONTROL EN LAS TRES MEDICIONES

	GRUPO	Nº	MEDIA	DESVIACIÓN	RANGO
BICEPS 1	GE	7	18.86	2.85	15 - 24
BICEPS 2	GE	7	20.64	5.85	14 - 32
BICEPS 3	GE	7	24.78	4.90	18 - 32.5
TRICEPS 1	GE	7	12.29	3.72	8 - 17
TRICEPS 2	GE	7	16.5	4.61	11 - 24.5
TRICEPS 3	GE	7	20.93	6.69	12 - 31
ABDOMINAL 1	GE	7	27.43	2.82	24 - 33
ABDOMINAL 2	GE	7	32.57	2.06	30 - 36
ABDOMINAL 3	GE	7	33.00	3.93	27 - 38
CUAD. DCHO1	GE	7	8.14	4.29	1 - 14
CUAD. DCHO2	GE	7	11.71	6.58	1 - 21
CUAD.DCHO3	GE	7	13.14	8.10	1 - 26
CUAD.IZDO1	GE	7	9.00	3.25	3 - 14
CUAD.IZDO2	GE	7	10.86	4.73	4 - 19
CUAD.IZDO3	GE	7	14.00	6.95	5 - 25
BICEPS 1	GC	9	20.22	5.65	10 - 28
BICEPS 2	GC	9	21.66	5.49	11 - 28.5
BICEPS 3	GC	9	22.33	6.61	8.5 - 32.5
TRICEPS 1	GC	9	11.05	3.75	6.5 - 19
TRICEPS 2	GC	9	13.55	3.93	7 - 20
TRICEPS 3	GC	9	14.00	5.92	4.5 - 26
ABDOMINAL 1	GC	9	26.60	3.91	18 - 32
ABDOMINAL 2	GC	9	25.00	4.59	20 - 34
ABDOMINAL 3	GC	9	29.67	5.56	16 - 36
CUAD. DCHO1	GC	9	9.33	4.85	3 - 20
CUAD. DCHO2	GC	9	10.33	5.25	5 - 22
CUAD.DCHO3	GC	9	12.00	6.86	3 - 24
CUAD.IZDO1	GC	9	9.55	5.79	1 - 20
CUAD.IZDO2	GC	9	9.33	5.83	1 - 19
CUAD.IZDO3	GC	9	11.44	6.36	1 - 20

TABLA III: DESCRIPTIVA DE LA FUERZA EN HOMBRES

	GRUPO	Nº	MEDIA	DESVIACIÓN	RANGO
BICEPS 1	GE	6	10.00	2.65	6.5 - 14
BICEPS 2	GE	6	11.58	2.51	8 - 15
BICEPS 3	GE	6	14.41	2.13	10 - 16
TRICEPS 1	GE	6	4.58	0.93	4 - 6.5
TRICEPS 2	GE	6	8.42	1.45	6.5 - 10
TRICEPS 3	GE	6	11.33	1.34	8.5 - 12.5
ABDOMINAL 1	GE	6	22.5	4.23	14 - 27
ABDOMINAL 2	GE	6	28.5	8.09	13 - 37
ABDOMINAL 3	GE	6	31.6	7.04	20 - 43
CUAD. DCHO1	GE	6	3.17	2.48	0 - 8
CUAD. DCHO2	GE	6	7.33	2.69	2 - 10
CUAD.DCHO3	GE	6	10.83	3.39	4 - 14
CUAD.IZDO1	GE	6	3.33	4.15	0 - 12
CUAD.IZDO2	GE	6	7.66	6.20	1 - 20
CUAD.IZDO3	GE	6	11.00	5.60	3 - 20
BICEPS 1	GC	4	12.37	1.08	11 - 14
BICEPS 2	GC	4	13.25	1.75	11.5 - 16
BICEPS 3	GC	4	13.62	1.78	11 - 16
TRICEPS 1	GC	4	7.50	2.06	6 - 11
TRICEPS 2	GC	4	9.00	2.67	7 - 13.5
TRICEPS 3	GC	4	9.125	1.47	7 - 10.5
ABDOMINAL 1	GC	4	25.50	2.29	23 - 29
ABDOMINAL 2	GC	4	30.50	4.72	24 - 35
ABDOMINAL 3	GC	4	32.00	6.12	24 - 41
CUAD. DCHO1	GC	4	4.25	4.71	0 - 12
CUAD. DCHO2	GC	4	4.75	4.97	0 - 13
CUAD.DCHO3	GC	4	4.75	4.02	0 - 11
CUAD.IZDO1	GC	4	3.25	5.07	0 - 12
CUAD.IZDO2	GC	4	3.25	3.96	0 - 10
CUAD.IZDO3	GC	4	2.50	3.77	0 - 9

TABLA IV: DESCRIPTIVA DE LA FUERZA EN MUJERES

SUJ	GRU	BI:2-1	TR:2-1	AB:2-1	CD:2-1	CI:2-1
4	GE	20.000	50.000	18.519	133.333	25.000
5	GE	-12.500	29.412	30.769	-10.000	-16.667
14	GE	0.000	31.250	30.769	80.000	60.000
17	GE	-22.222	30.000	50.000	0.000	-12.500
20	GE	0.000	56.250	15.385	25.000	33.333
25	GE	48.837	12.121	-9.091	16.667	25.000
35	GE	21.622	41.176	6.667	50.000	35.714
2	GC	10.000	0.000	-4.000	-16.667	0.000
3	GC	0.000	0.000	11.111	0.000	0.000
13	GC	15.152	69.231	-28.571	66.667	-80.000
21	GC	1.786	5.263	-26.667	10.000	5.556
22	GC	8.108	42.105	6.250	-25.000	0.000
23	GC	4.000	53.846	7.143	0.000	-15.000
24	GC	13.514	41.176	-8.696	71.429	16.667
26	GC	13.953	26.316	-3.571	37.500	28.571
34	GC	0.000	0.000	-3.571	0.000	11.111

TABLA V: CAMBIOS PRODUCIDOS EN LA FUERZA DURANTE LA PRIMERA FASE DE ENTRENAMIENTO EN HOMBRES

SUJ	GRU	BI:2-1	TR:2-1	AB:2-1	CD:2-1	CI:2-1
7	GE	19.048	162.500	-7.143	0.000	
8	GE	6.667	125.000	63.636	250.000	200.000
19	GE	100.000	100.000	42.308	25.000	66.667
29	GE	0.000	30.769	3.704	75.000	25.000
30	GE	7.143	62.500	33.333		
31	GE	-5.556	62.500	13.636	233.333	233.333
1	GC	-8.000	0.000	-7.692	0.000	0.000
18	GC	9.091	16.667	21.739	100.000	
27	GC	14.286	22.727	20.690	8.333	-16.667
28	GC	12.500	41.667	45.833		

TABLA VI: CAMBIOS PRODUCIDOS EN LA FUERZA DURANTE LA PRIMERA FASE DE ENTRENAMIENTO EN MUJERES

SUJ	GRU	BI:3-2	TR:3-2	AB:3-2	CD:3-2	CI:3-2
4	GE	27.778	46.667	-15.625	21.429	100.000
5	GE	28.571	9.091	-17.647	-22.222	-10.000
14	GE	12.500	23.810	-5.882	5.556	18.750
17	GE	32.143	23.077	2.778	0.000	0.000
20	GE	30.000	8.000	26.667	20.000	25.000
25	GE	1.563	40.541	13.333	14.286	30.000
35	GE	26.667	29.167	9.375	23.810	31.579
2	GC	-22.727	57.143	16.667	20.000	100.000
3	GC	-8.772	3.571	35.000	-28.571	0.000
13	GC	-10.526	-4.545	-20.000	-40.000	0.000
21	GC	14.035	-5.000	63.636	-9.091	-5.263
22	GC	5.000	0.000	-2.941	16.667	-8.333
23	GC	3.846	30.000	13.333	0.000	7.647
24	GC	23.810	-12.500	57.143	100.000	71.429
26	GC	0.000	54.167	11.111	9.091	55.556
34	GC	12.121	0.000	11.111	60.000	70.000

TABLA VII: CAMBIOS PRODUCIDOS EN LA FUERZA DURANTE LA SEGUNDA FASE DE ENTRENAMIENTO EN HOMBRES

SUJ	GRU	BI:3-2	TR:3-2	AB:3-2	CD:3-2	CI:3-2
7	GE	12.000	14.286	53.846	100.000	200.000
8	GE	25.000	33.333	-22.222	71.429	133.333
19	GE	23.077	20.000	16.216	40.000	0.000
29	GE	28.000	29.412	21.429	42.857	100.000
30	GE	6.667	30.769	9.375	37.500	42.857
31	GE	70.588	92.308	20.000	40.000	60.000
1	GC	21.739	0.000	0.000	-25.000	-100.000
18	GC	-8.333	21.429	7.143	150.000	-50.000
27	GC	0.000	-22.222	17.143	-15.385	-10.000
28	GC	0.000	23.529	-5.714		

TABLA VIII: CAMBIOS PRODUCIDOS EN LA FUERZA DURANTE LA SEGUNDA FASE DE ENTRENAMIENTO EN MUJERES

SUJ	GRU	SEX	T1	T2	T3	T4	T5	T6
4	GE	HO	n.d.	57.70	45.13	49.45	n.d.	36.00
5	GE	HO	n.d.	n.d.	51.80	84.20	51.33	62.73
14	GE	HO	39.05	64.14	39.49	49.45	85.42	86.51
17	GE	HO	23.95	18.18	13.43	22.84	20.87	17.40
20	GE	HO	50.85	38.19	21.24	31.97	n.d.	23.00
25	GE	HO	71.00	43.44	12.35	51.436	57.16	35.86
35	GE	HO	56.60	40.60	30.55	45.80	42.10	14.40
2	GC	HO	27.91	38.00	n.d.	46.38	42.95	57.81
3	GC	HO	n.d.	85.09	71.80	n.d.	75.05	87.50
13	GC	HO	24.63	16.57	26.20	15.41	11.16	31.14
21	GC	HO	51.40	59.23	56.15	54.28	46.30	44.89
22	GC	HO	44.15	39.33	n.d.	19.10	26.49	41.20
23	GC	HO	n.d.	47.10	42.45	40.09	25.20	33.50
24	GC	HO	12.45	36.74	28.46	30.67	25.10	32.02
26	GC	HO	28.44	25.50	n.d.	18.91	32.80	22.70
34	GC	HO	16.95	27.42	20.20	18.00	n.d.	25.11

TABLA IX: DATOS DE NIVELES DE TESTOSTERONA EN HOMBRES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES. Medida en pgr./ml. (n.d.: No tomados los datos; f.m.: fallo muestra en laboratorio).

SUJ	GRU	SEX	T1	T2	T3	T4	T5	T6
7	GE	MUJ	22.70	27.93	25.50	14.75	5.75	7.71
8	GE	MUJ	14.98	19.66	45.41	12.30	15.65	16.75
9	GE	MUJ	10.64	5.20	3.78	10.91	4.53	5.46
29	GE	MUJ	3.20	10.35	8.65	4.80	3.74	9.45
30	GE	MUJ	f.m.	12.80	27.30	15.48	8.81	14.19
31	GE	MUJ	22.03	20.58	12.08	12.93	10.89	6.85
1	GC	MUJ	n.d.	32.84	26.68	n.d.	n.d.	24.38
18	GC	MUJ	6.49	7.80	20.14	n.d.	n.d.	8.37
27	GC	MUJ	11.78	8.00	2.31	11.00	9.00	2.39
28	GC	MUJ	4.90	4.77	8.30	3.90	4.12	4.15

TABLA X: DATOS DE NIVELES DE TESTOSTERONA EN MUJERES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES. Medida en pgr./ml. (n.d.: No tomados los datos; f.m.: fallo muestra en laboratorio).

SUJ	GRU	SEX	C1	C2	C3	C4	C5	C6
4	GE	HO	n.d.	1.57	2.40	1.47	n.d.	1.10
5	GE	HO	n.d.	n.d.	1.53	2.89	0.98	2.05
14	GE	HO	1.44	2.16	2.21	1.36	1.59	3.50
17	GE	HO	2.07	1.85	8.22	3.77	2.34	2.18
20	GE	HO	1.41	0.84	1.19	3.75	n.d.	0.97
25	GE	HO	2.38	1.76	1.81	2.10	4.85	1.49
35	GE	HO	1.36	2.70	2.02	1.68	1.12	2.45
2	GC	HO	1.74	1.16	n.d.	1.32	1.75	1.85
3	GC	HO	n.d.	1.42	1.34	n.d.	0.68	2.00
13	GC	HO	1.87	1.25	1.99	0.78	1.81	3.12
21	GC	HO	2.17	1.94	1.77	1.94	1.54	1.64
22	GC	HO	2.35	0.99	n.d.	1.83	1.21	2.67
23	GC	HO	n.d.	1.90	1.53	1.66	0.80	0.85
24	GC	HO	1.66	1.72	2.20	1.51	1.08	1.87
26	GC	HO	2.29	2.81	n.d.	1.47	2.20	1.83
34	GC	HO	1.77	1.64	1.60	1.56	n.d.	2.57

TABLA XI: DATOS DE NIVELES DE CORTISOL EN HOMBRES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES. Medida en ngr./ml. (n.d.: No tomados los datos; f.m.: fallo muestra en laboratorio).

SUJ	GRU	SEX	C1	C2	C3	C4	C5	C6
7	GE	MUJ	1.07	1.66	3.15	1.76	1.36	f.m.
8	GE	MUJ	1.68	5.19	3.27	0.93	7.23	1.24
19	GE	MUJ	1.72	1.78	1.34	0.85	0.88	1.07
29	GE	MUJ	1.82	1.55	f.m.	1.34	1.89	3.56
30	GE	MUJ	f.m.	3.83	1.55	2.16	1.47	1.67
31	GE	MUJ	5.52	3.52	2.65	2.42	2.29	2.05
1	GC	MUJ	n.d.	0.92	0.66	n.d.	n.d.	0.80
18	GC	MUJ	2.02	1.60	2.65	n.d.	n.d.	1.60
27	GC	MUJ	1.82	1.83	1.61	1.86	2.80	2.24
28	GC	MUJ	3.36	3.52	2.22	1.38	1.36	2.03

TABLA XII: DATOS DE NIVELES DE CORTISOL EN MUJERES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES. Medida en ngr./ml. (n.d.: No tomados los datos; f.m.: fallo muestra en laboratorio).

SUJ	GRU	SEX	T/C1	T/C2	T/C3	T/C4	T/C5	T/C6
4	GE	HO	n.d.	36.75	18.80	33.64	n.d.	32.72
5	GE	HO	n.d.	n.d.	33.85	29.13	52.38	30.60
14	GE	HO	27.12	29.69	17.87	36.36	53.72	24.72
17	GE	HO	11.57	9.83	1.63	6.06	8.92	7.98
20	GE	HO	36.06	45.46	17.85	8.52	n.d.	23.71
25	GE	HO	29.83	24.68	6.82	24.50	11.79	24.07
35	GE	HO	41.62	15.04	15.12	27.26	37.59	5.88
2	GC	HO	16.04	32.76	n.d.	35.14	24.54	31.25
3	GC	HO	n.d.	59.92	53.58	n.d.	110.4	43.75
13	GC	HO	13.17	13.26	13.17	19.76	6.17	9.98
21	GC	HO	23.68	30.53	31.72	27.98	30.06	27.37
22	GC	HO	18.79	39.73	n.d.	10.44	21.89	15.43
23	GC	HO	n.d.	24.79	27.74	24.15	31.50	39.41
24	GC	HO	7.50	21.36	12.94	20.31	23.24	17.12
26	GC	HO	12.42	9.07	n.d.	12.86	14.91	12.40
34	GC	HO	9.58	16.72	12.62	11.54	n.d.	9.77

TABLA XIII: DATOS DE RATIO T/C EN HOMBRES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES. (n.d.: No tomados los datos; f.m.: fallo muestra en laboratorio).

SUJ	GRU	SEX	T/C1	T/C2	T/C3	T/C4	T/C5	T/C6
7	GE	MUJ	21.21	16.82	8.09	8.38	4.23	f.m.
8	GE	MUJ	8.92	3.79	13.89	13.23	2.16	13.51
19	GE	MUJ	6.19	2.92	2.82	12.83	5.15	5.10
29	GE	MUJ	1.76	6.68	f.m.	3.58	1.98	2.65
30	GE	MUJ	f.m.	3.34	17.61	7.17	5.99	8.49
31	GE	MUJ	3.99	5.85	4.56	5.34	4.75	3.34
1	GC	MUJ	n.d.	35.70	40.42	n.d.	n.d.	30.47
18	GC	MUJ	3.21	4.87	7.60	n.d.	n.d.	5.23
27	GC	MUJ	6.47	4.37	1.43	5.91	3.21	1.06
28	GC	MUJ	1.46	1.35	3.74	2.83	3.03	2.04

TABLA XIV: DATOS DE RATIO T/C EN MUJERES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES. (n.d.: No tomados los datos; f.m.: fallo muestra en laboratorio).

	Nº	MEDIA	DESVIACIÓN	RANGO
TESTOSTERONA 1	5	48.29	15.93	23.95 - 71
TESTOSTERONA 2	6	43.70	14.75	18.18 - 64.14
TESTOSTERONA 3	7	30.57	14.41	12.35 - 51.8
TESTOSTERONA 4	7	47.88	17.81	22.84 - 84.2
TESTOSTERONA 5	5	51.37	21.02	20.87 - 85.42
TESTOSTERONA 6	7	39.41	24.39	14.4 - 86.51
CORTISOL 1	5	1.73	0.41	1.36 - 2.38
CORTISOL 2	6	1.70	0.38	1.36 - 2.38
CORTISOL 3	7	2.77	2.25	1.19 - 8.22
CORTISOL 4	7	2.43	0.96	1.36 - 3.77
CORTISOL 5	5	2.17	1.42	0.98 - 4.85
CORTISOL 6	7	1.96	0.81	0.97 - 3.50
RATIO T/C 1	5	29.24	10.17	11.57 - 41.62
RATIO T/C 2	6	26.91	12.15	9.83 - 45.46
RATIO T/C 3	7	15.99	9.45	1.63 - 33.85
RATIO T/C 4	7	23.64	10.97	6.06 - 36.36
RATIO T/C 5	5	32.88	19.26	8.02 - 53.72
RATIO T/C 6	7	21.35	9.69	5.88 - 32.72

TABLA XV: DESCRIPTIVA DE LOS NIVELES DE TESTOSTERONA, CORTISOL Y RATIO T/C EN HOMBRES DEL GRUPO EXPERIMENTAL



	Nº	MEDIA	DESVIACIÓN	RANGO
TESTOSTERONA 1	7	29.42	12.93	12.45 - 51.4
TESTOSTERONA 2	9	41.66	19.32	16.57 - 85.09
TESTOSTERONA 3	6	40.87	18.21	20.2 - 71.8
TESTOSTERONA 4	8	30.35	13.95	15.41 - 54.28
TESTOSTERONA 5	8	35.63	18.14	11.16 - 75.05
TESTOSTERONA 6	9	41.76	19.08	22.7 - 87.5
CORTISOL 1	7	1.98	0.26	1.66 - 2.35
CORTISOL 2	9	1.65	0.51	0.99 - 2.81
CORTISOL 3	6	1.74	0.29	1.34 - 2.20
CORTISOL 4	8	1.51	0.33	0.78 - 1.94
CORTISOL 5	8	1.38	0.49	0.68 - 2.20
CORTISOL 6	9	2.04	0.63	0.85 - 3.12
RATIO T/C 1	7	14.45	5.13	7.5 - 23.68
RATIO T/C 2	9	27.57	14.68	9.07 - 59.92
RATIO T/C 3	6	25.29	14.76	12.62 - 53.58
RATIO T/C 4	8	20.27	8.09	10.44 - 35.14
RATIO T/C 5	8	32.84	30.29	6.17 - 110.4
RATIO T/C 6	9	22.94	12.18	9.77 - 43.75

TABLA XVI: DESCRIPTIVA DE LOS NIVELES DE TESTOSTERONA, CORTISOL Y RATIO T/C EN HOMBRES DEL GRUPO CONTROL

	Nº	MEDIA	DESVIACIÓN	RANGO
TESTOSTERONA 1	5	14.71	7.30	3.2 - 22.7
TESTOSTERONA 2	6	16.08	7.48	5.2 - 27.93
TESTOSTERONA 3	6	20.45	14.04	3.78 - 45.41
TESTOSTERONA 4	6	11.86	3.50	4.80 - 15.48
TESTOSTERONA 5	6	8.22	4.13	3.74 - 15.65
TESTOSTERONA 6	6	10.06	4.06	5.46 - 16.75
CORTISOL 1	5	2.36	1.60	1.07 - 5.52
CORTISOL 2	6	2.92	1.36	1.55 - 5.19
CORTISOL 3	5	2.39	0.80	1.34 - 3.27
CORTISOL 4	6	1.57	0.59	0.85 - 2.42
CORTISOL 5	6	2.52	2.15	0.88 - 7.23
CORTISOL 6	5	1.92	0.89	1.07 - 3.56
RATIO T/C 1	5	8.41	6.82	1.76 - 21.21
RATIO T/C 2	6	6.57	4.78	2.92 - 16.82
RATIO T/C 3	5	9.39	5.58	2.82 - 17.61
RATIO T/C 4	6	8.42	3.58	3.58 - 13.23
RATIO T/C 5	6	4.04	1.49	1.98 - 5.99
RATIO T/C 6	5	6.62	3.99	2.65 - 13.51

TABLA XVII: DESCRIPTIVA DE LOS NIVELES DE TESTOSTERONA, CORTISOL Y RATIO T/C EN MUJERES DEL GRUPO EXPERIMENTAL

	Nº	MEDIA	DESVIACIÓN	RANGO
TESTOSTERONA 1	3	7.72	2.94	4.9 - 11.78
TESTOSTERONA 2	4	13.35	11.32	4.77 - 32.84
TESTOSTERONA 3	4	14.36	9.58	2.31 - 26.68
TESTOSTERONA 4	2	7.45	3.55	3.9 - 11.0
TESTOSTERONA 5	2	6.56	2.44	4.12 - 9.0
TESTOSTERONA 6	4	9.82	8.68	2.39 - 24.38
CORTISOL 1	3	2.4	0.68	1.82 - 3.36
CORTISOL 2	4	1.97	0.96	0.92 - 3.52
CORTISOL 3	4	1.78	0.75	0.66 - 2.65
CORTISOL 4	2	1.62	0.24	1.38 - 1.86
CORTISOL 5	2	2.08	0.72	1.36 - 2.80
CORTISOL 6	4	1.67	0.55	0.8 - 2.24
RATIO T/C 1	3	3.71	2.07	1.46 - 6.47
RATIO T/C 2	4	11.57	13.99	1.35 - 35.7
RATIO T/C 3	4	13.30	15.81	1.43 - 40.42
RATIO T/C 4	2	4.37	1.54	2.83 - 5.91
RATIO T/C 5	2	3.12	0.09	3.03 - 3.21
RATIO T/C 6	4	9.7	12.09	1.06 - 30.47

TABLA XVIII: DESCRIPTIVA DE LOS NIVELES DE TESTOSTERONA, CORTISOL Y RATIO T/C EN MUJERES DEL GRUPO CONTROL

SUJ	GRU	T:3-1	T:2-1	C:3-1	C:2-1	T/C:3-1	T/C:2-1
4	GE	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
5	GE	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
14	GE	1.127	64.251	53.472	50.000	-34.107	9.501
17	GE	-43.925	-24.092	297.101	-10.628	-85.879	-15.065
20	GE	-58.230	-24.897	-15.603	-40.426	-50.508	26.066
25	GE	-82.606	-38.817	-23.950	-26.050	-77.128	-17.264
35	GE	-46.025	-28.269	48.529	98.529	-63.660	-63.869
2	GC	n.d.	36.152	n.d.	-33.333	n.d.	104.228
3	GC	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13	GC	6.374	-32.724	6.417	-33.155	-0.040	0.644
21	GC	9.241	15.233	-18.433	-10.599	33.929	28.895
22	GC	n.d.	-10.917	n.d.	-57.872	n.d.	111.459
23	GC	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
24	GC	128.594	195.100	32.530	3.614	72.485	184.806
26	GC	n.d.	-10.338	n.d.	22.707	n.d.	-26.930
34	GC	19.174	61.770	-9.605	-7.345	31.836	74.593

TABLA XIX: CAMBIOS PRODUCIDOS EN HORMONAS DURANTE LA PRIMERA FASE DE ENTRENAMIENTO EN HOMBRES. (n.d.: falta algún dato por no haberlo tomado; f.m.: falta algún dato por fallo muestral en laboratorio)

SUJ	GRU	T:3-1	T:2-1	C:3-1	C:2-1	T/C:3-1	T/C:2-1
7	GE	12.335	23.040	194.393	55.140	-61.842	-20.691
8	GE	203.138	31.242	94.643	208.929	55.740	-57.517
19	GE	-64.474	-51.128	-22.093	3.488	-54.399	-52.775
29	GE	170.313	223.437	f.m.	-14.835	f.m.	279.778
30	GE	f.m.	f.m.	f.m.	f.m.	f.m.	f.m.
31	GE	-45.166	-6.582	-51.993	-36.232	14.221	46.497
1	GC	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
18	GC	210.324	20.185	31.188	-20.792	136.549	51.733
27	GC	-80.390	-32.088	-11.538	0.549	-77.833	-32.459
28	GC	69.388	-2.653	-33.929	4.762	156.371	-7.078

TABLA XX: CAMBIOS PRODUCIDOS EN HORMONAS DURANTE LA PRIMERA FASE DE ENTRENAMIENTO EN MUJERES. (n.d.: falta algún dato por no haberlo tomado; f.m.: falta algún dato por fallo muestral en laboratorio)

SUJ	GRU	T:6-4	T:5-4	C:6-4	C:5-4	T/C:6-4	T/C:5-4
4	GE	-27.199	n.d.	-25.170	n.d.	-2.712	n.d.
5	GE	-25.499	-39.038	-29.066	-66.090	5.029	79.776
14	GE	74.944	72.740	157.353	16.912	-32.022	47.753
17	GE	-23.818	-8.625	-42.175	-37.931	31.746	47.215
20	GE	-28.058	n.d.	-74.133	n.d.	178.128	n.d.
25	GE	-30.315	11.077	-29.048	130.952	-1.786	-51.905
35	GE	-68.559	-8.079	45.833	-33.333	-78.440	37.882
2	GC	24.644	-7.395	40.152	32.576	-11.063	-30.149
3	GC	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13	GC	102.077	-27.579	300.000	132.051	-49.479	-68.789
21	GC	-17.299	-14.702	-15.464	-20.619	-2.169	7.456
22	GC	115.707	38.691	45.902	-33.880	47.849	109.763
23	GC	-16.438	-37.141	-48.795	-51.807	63.190	30.429
24	GC	4.402	-18.161	23.841	-28.477	-15.696	14.426
26	GC	20.042	73.453	24.490	49.660	-3.576	15.897
34	GC	39.500	n.d.	64.744	n.d.	-15.323	n.d.

TABLA XXI: CAMBIOS PRODUCIDOS EN HORMONAS DURANTE LA SEGUNDA FASE DE ENTRENAMIENTO EN HOMBRES. (n.d.: falta algún dato por no haberlo tomado; f.m.: falta algún dato por fallo muestral en laboratorio).

SUJ	GRU	T:6-4	T:5-4	C:6-4	C:5-4	T/C:6-4	T/C:5-4
7	GE	-47.729	-61.017	f.m.	-22.727	f.m.	-49.551
8	GE	36.179	27.236	33.333	677.419	2.134	-83.634
19	GE	-49.954	-58.478	25.882	3.529	-60.244	-59.894
29	GE	96.875	-22.083	165.672	41.045	-25.895	-44.757
30	GE	-8.333	-43.088	-22.685	-31.944	18.563	-16.374
31	GE	-47.022	-15.777	-15.3289	-5.372	-37.461	-10.996
1	GC	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
18	GC	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
27	GC	-78.273	-18.182	20.430	50.538	-81.958	-45.654
28	GC	6.410	5.641	47.101	-1.449	-27.672	7.183

TABLA XXII: CAMBIOS PRODUCIDOS EN HORMONAS DURANTE LA SEGUNDA FASE DE ENTRENAMIENTO EN MUJERES. (n.d.: falta algún dato por no haberlo tomado; f.m.: falta algún dato por fallo muestral en laboratorio)

SUJ	GRU	SEX	% CAMBIO 1º PERÍODO	% CAMBIO 2º PERÍODO	% CAMBIO TOTAL
4	GE	HO	n.d.	-2.73	n.d.
5	GE	HO	n.d.	n.d.	n.d.
14	GE	HO	-34.11	-32.01	-8.85
17	GE	HO	-85.91	31.68	-31.03
20	GE	HO	-50.50	178.29	-34.25
25	GE	HO	-77.14	-1.76	-19.31
35	GE	HO	-63.67	-78.43	-85.87
2	GC	HO	n.d.	-11.07	94.83
3	GC	HO	n.d.	n.d.	n.d.
13	GC	HO	0.000	-49.49	-24.22
21	GC	HO	33.95	-2.18	15.58
22	GC	HO	n.d.	47.80	-17.88
23	GC	HO	n.d.	63.19	n.d.
24	GC	HO	72.53	-15.71	128.27
26	GC	HO	n.d.	-3.58	-0.16
34	GC	HO	31.73	-15.34	1.98
7	GE	MUJ	-61.86	f.m.	f.m..
8	GE	MUJ	55.72	2.12	51.46
19	GE	MUJ	-54.44	-60.25	-17.61
29	GE	MUJ	f.m.	-25.98	50.57
30	GE	MUJ	f.m.	18.41	f.m.
31	GE	MUJ	14.29	-37.45	-16.29
1	GC	MUJ	n.d.	n.d.	n.d.
18	GC	MUJ	136.76	n.d.	n.d.
27	GC	MUJ	-77.90	-45.69	-50.39
28	GC	MUJ	156.16	7.07	107.53

TABLA XXIII.: DATOS DE LOS CAMBIOS EN % DE LA RATIO T/C EN HOMBRES Y MUJERES EN GE Y GC. (n.d.: falta algún dato por no haberlo tomado; f.m.: falta algún dato por fallo muestral en laboratorio).

SUJ	GRU	SEX	TE1	TE2	TE3	TE4	TE5	TE6
4	GE	HO	n.d.	18	18	14	n.d.	5
5	GE	HO	n.d.	n.d.	11	8	11	14
14	GE	HO	8	3	5	3	5	5
17	GE	HO	10	11	10	7	7	7
20	GE	HO	n.d.	10	7	7	n.d.	9
25	GE	HO	6	9	3	3	10	3
35	GE	HO	6	6	6	14	9	11
2	GC	HO	27	26	n.d.	13	18	22
3	GC	HO	n.d.	6	6	6	6	7
13	GC	HO	11	10	21	13	11	5
21	GC	HO	12	8	14	10	6	5
22	GC	HO	13	16	n.d.	24	29	25
23	GC	HO	9	14	19	14	21	16
24	GC	HO	6	4	7	8	7	6
26	GC	HO	2	2	n.d.	1	1	1
34	GC	HO	1	3	4	4	n.d.	4

TABLA XXIV: DATOS DE VALORES DE TENSIÓN DEL TEST POMS EN HOMBRES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	TE1	TE2	TE3	TE4	TE5	TE6
7	GE	MUJ	7	9	15	17	21	16
8	GE	MUJ	7	10	14	10	4	4
19	GE	MUJ	18	3	11	8	5	11
29	GE	MUJ	34	34	31	28	36	21
30	GE	MUJ	17	14	3	3	7	4
31	GE	MUJ	9	9	5	13	8	16
1	GC	MUJ	n.d.	9	11	n.d.	n.d.	10
18	GC	MUJ	8	4	9	9	n.d.	5
27	GC	MUJ	7	17	10	15	11	17
28	GC	MUJ	17	4	16	8	18	16

TABLA XXV: DATOS DE VALORES DE TENSIÓN DEL TEST POMS EN MUJERES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	DE1	DE2	DE3	DE4	DE5	DE6
4	GE	HO	n.d.	13	18	7	n.d.	3
5	GE	HO	n.d.	n.d.	13	8	13	13
14	GE	HO	3	1	1	0	3	1
17	GE	HO	4	9	3	3	4	4
20	GE	HO	n.d.	7	0	7	n.d.	1
25	GE	HO	0	5	4	2	3	2
35	GE	HO	0	4	0	0	13	5
2	GC	HO	7	7	n.d.	8	15	24
3	GC	HO	0	4	3	2	2	0
13	GC	HO	2	5	13	10	17	5
21	GC	HO	2	7	4	2	5	3
22	GC	HO	26	27	6	39	48	40
23	GC	HO	7	9	n.d.	3	0	0
24	GC	HO	6	1	14	1	10	2
26	GC	HO	2	0	n.d.	0	0	1
34	GC	HO	0	3	0	0	n.d.	0

TABLA XXVI: DATOS DE VALORES DE DEPRESIÓN DEL TEST POMS EN HOMBRES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	DE1	DE2	DE3	DE4	DE5	DE6
7	GE	MUJ	3	19	14	15	24	16
8	GE	MUJ	4	2	1	2	9	2
19	GE	MUJ	10	0	0	0	3	4
29	GE	MUJ	13	10	0	8	15	1
30	GE	MUJ	18	2	12	9	5	10
31	GE	MUJ	18	3	2	12	41	7
1	GC	MUJ	n.d.	13	9	n.d.	n.d.	10
18	GC	MUJ	4	11	16	10	n.d.	27
27	GC	MUJ	2	0	1	0	0	0
28	GC	MUJ	16	9	11	5	1	11

TABLA XXVII: DATOS DE VALORES DE DEPRESIÓN DEL TEST POMS EN MUJERES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	CL1	CL2	CL3	CL4	CL5	CL6
4	GE	HO	n.d.	12	12	9	n.d.	7
5	GE	HO	n.d.	n.d.	11	14	13	15
14	GE	HO	5	1	0	0	1	3
17	GE	HO	4	8	6	3	4	5
20	GE	HO	n.d.	8	6	5	n.d.	9
25	GE	HO	6	5	3	6	3	6
35	GE	HO	2	8	5	3	11	11
2	GC	HO	15	15	n.d.	16	28	25
3	GC	HO	n.d.	12	9	11	9	3
13	GC	HO	13	9	11	8	9	6
21	GC	HO	5	11	7	4	1	3
22	GC	HO	15	24	n.d.	29	34	33
23	GC	HO	15	20	23	16	19	15
24	GC	HO	9	6	21	4	9	4
26	GC	HO	2	1	n.d.	2	3	2
34	GC	HO	2	2	1	0	n.d.	0

TABLA XXVIII: DATOS DE VALORES DE CÓLERA DEL TEST POMS EN HOMBRES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	CL1	CL2	CL3	CL4	CL5	CL6
7	GE	MUJ	3	12	22	16	21	22
8	GE	MUJ	2	4	1	1	2	1
19	GE	MUJ	21	8	6	10	11	8
29	GE	MUJ	16	13	7	14	16	10
30	GE	MUJ	30	3	2	5	1	5
31	GE	MUJ	15	7	8	8	23	11
1	GC	MUJ	n.d.	5	6	n.d.	n.d.	1
18	GC	MUJ	10	10	13	13	n.d.	21
27	GC	MUJ	4	6	3	4	3	6
28	GC	MUJ	1	2	4	3	7	7

TABLA XXIX: DATOS DE VALORES DE CÓLERA DEL TEST POMS EN MUJERES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	VI1	VI2	VI3	VI4	VI5	VI6
4	GE	HO	n.d.	17	16	18	n.d.	24
5	GE	HO	n.d.	n.d.	20	18	22	20
14	GE	HO	10	7	9	6	8	5
17	GE	HO	12	11	8	7	8	8
20	GE	HO	n.d.	16	17	9	n.d.	16
25	GE	HO	27	23	16	20	15	17
35	GE	HO	14	6	8	19	8	8
2	GC	HO	21	27	n.d.	23	28	29
3	GC	HO	n.d.	14	9	15	12	14
13	GC	HO	10	7	3	6	9	9
21	GC	HO	20	9	15	14	10	2
22	GC	HO	7	10	n.d.	9	10	12
23	GC	HO	22	24	20	21	24	24
24	GC	HO	12	14	6	13	11	12
26	GC	HO	16	16	n.d.	10	16	15
34	GC	HO	20	14	16	15	n.d.	6

TABLA XXX: DATOS DE VALORES DE VIGOR DEL TEST POMS EN HOMBRES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	VI1	VI2	VI3	VI4	VI5	VI6
7	GE	MUJ	13	14	24	20	20	22
8	GE	MUJ	20	19	16	15	10	14
19	GE	MUJ	19	20	12	14	11	12
29	GE	MUJ	26	27	23	22	24	21
30	GE	MUJ	16	22	1	3	3	2
31	GE	MUJ	21	17	15	11	9	19
1	GC	MUJ	n.d.	11	14	n.d.	n.d.	13
18	GC	MUJ	16	16	6	12	n.d.	8
27	GC	MUJ	15	24	10	20	12	17
28	GC	MUJ	13	7	9	8	19	15

TABLA XXXI: DATOS DE VALORES DE VIGOR DEL TEST POMS EN MUJERES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	FA1	FA2	FA3	FA4	FA5	FA6
4	GE	HO	n.d.	7	6	5	n.d.	5
5	GE	HO	n.d.	n.d.	9	7	7	4
14	GE	HO	1	2	2	3	6	7
17	GE	HO	3	6	6	5	5	2
20	GE	HO	n.d.	2	0	0	n.d.	2
25	GE	HO	0	0	0	0	3	1
35	GE	HO	4	4	3	2	4	5
2	GC	HO	7	15	n.d.	0	8	13
3	GC	HO	n.d.	1	0	6	1	1
13	GC	HO	3	8	3	7	10	2
21	GC	HO	3	3	2	1	1	2
22	GC	HO	9	10	n.d.	18	23	17
23	GC	HO	0	0	1	0	0	0
24	GC	HO	6	2	14	3	6	2
26	GC	HO	4	1	n.d.	1	0	0
34	GC	HO	0	2	0	2	n.d.	0

TABLA XXXII: DATOS DE VALORES DE FATIGA DEL TEST POMS EN HOMBRES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	FA1	FA2	FA3	FA4	FA5	FA6
7	GE	MUJ	3	12	11	6	15	11
8	GE	MUJ	0	0	0	1	2	0
19	GE	MUJ	2	0	1	5	8	10
29	GE	MUJ	7	12	0	10	22	4
30	GE	MUJ	16	5	21	14	14	20
31	GE	MUJ	6	8	2	4	15	6
1	GC	MUJ	n.d.	5	9	0	n.d.	10
18	GC	MUJ	0	3	3	5	n.d.	7
27	GC	MUJ	3	0	2	1	2	1
28	GC	MUJ	9	10	7	12	0	7

TABLA XXXIII: DATOS DE VALORES DE FATIGA DEL TEST POMS EN MUJERES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	CN1	CN2	CN3	CN4	CN5	CN6
4	GE	HO	n.d.	12	13	6	n.d.	2
5	GE	HO	n.d.	n.d.	9	11	10	9
14	GE	HO	5	4	3	5	3	4
17	GE	HO	4	3	3	5	6	4
20	GE	HO	n.d.	6	3	5	n.d.	8
25	GE	HO	3	5	4	3	9	3
35	GE	HO	3	4	4	3	7	5
2	GC	HO	6	7	n.d.	6	4	10
3	GC	HO	n.d.	7	5	5	8	4
13	GC	HO	6	8	6	8	6	6
21	GC	HO	10	16	6	6	8	12
22	GC	HO	16	18	n.d.	21	25	19
23	GC	HO	1	2	5	5	1	5
24	GC	HO	7	3	8	4	6	2
26	GC	HO	2	2	n.d.	2	1	2
34	GC	HO	6	5	4	2	n.d.	4

TABLA XXXIV: DATOS DE VALORES DE CONFUSIÓN DEL TEST POMS EN HOMBRES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES. (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	CN1	CN2	CN3	CN4	CN5	CN6
7	GE	MUJ	4	12	15	15	12	14
8	GE	MUJ	6	5	4	5	7	5
19	GE	MUJ	13	8	7	5	6	8
29	GE	MUJ	9	7	6	11	11	8
30	GE	MUJ	10	6	10	9	10	9
31	GE	MUJ	10	7	6	12	14	6
1	GC	MUJ	n.d.	18	5	n.d.	n.d.	10
18	GC	MUJ	5	8	7	19	n.d.	10
27	GC	MUJ	3	3	6	3	4	4
28	GC	MUJ	11	7	10	7	1	6

TABLA XXXV: DATOS DE VALORES DE CONFUSIÓN DEL TEST POMS EN MUJERES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES. (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	TO1	TO2	TO3	TO4	TO5	TO6
4	GE	HO	n.d.	145	151	123	n.d.	98
5	GE	HO	n.d.	n.d.	133	130	132	135
14	GE	HO	112	104	102	105	110	115
17	GE	HO	113	126	120	116	118	114
20	GE	HO	n.d.	117	99	115	n.d.	113
25	GE	HO	88	101	98	94	113	98
35	GE	HO	101	120	110	103	136	129
2	GC	HO	141	143	n.d.	120	143	165
3	GC	HO	n.d.	116	114	115	114	101
13	GC	HO	125	133	151	140	144	115
21	GC	HO	112	136	118	109	111	123
22	GC	HO	172	185	n.d.	222	250	222
23	GC	HO	110	121	n.d.	117	117	112
24	GC	HO	125	102	158	107	127	104
26	GC	HO	96	90	n.d.	96	89	91
34	GC	HO	89	101	93	93	n.d.	102

TABLA XXXVI: DATOS DE VALORES DEL TOTAL DEL TEST POMS EN HOMBRES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

SUJ	GRU	SEX	TO1	TO2	TO3	TO4	TO5	TO6
7	GE	MUJ	107	150	153	149	173	157
8	GE	MUJ	99	102	104	104	114	98
19	GE	MUJ	145	99	113	114	122	129
29	GE	MUJ	153	149	121	149	176	123
30	GE	MUJ	175	108	147	137	134	146
31	GE	MUJ	137	117	108	138	192	127
1	GC	MUJ	n.d.	139	126	n.d.	n.d.	128
18	GC	MUJ	111	120	142	144	n.d.	162
27	GC	MUJ	104	102	112	103	108	111
28	GC	MUJ	141	125	139	127	108	132

TABLA XXXVII: DATOS DE VALORES DEL TOTAL DEL TEST POMS EN MUJERES EN GE Y GC EN LAS SEIS MEDICIONES (n.d.: datos no tomados).

