

# Preparación física para vuelo en ambiente de altas aceleraciones

CARLOS VELASCO DIAZ \*, FRANCISCO RIOS TEJADA, JOSÉ AZOFRA GARCIA, JOSÉ B. DEL VALLE GARRIDO  
Diplomados superiores en medicina aeroespacial (CIMA)

\* Vocal de la Comisión de Medicina de la Educación Física y el Deporte en las FAs

## INTRODUCCION

**Q**UE el ejercicio físico es beneficioso para la salud es algo que estamos hartos de oír. Sin embargo tal aseveración merece ciertas matizaciones, puesto que también puede ser perjudicial si no se realiza de forma adecuada.

Cuando se pretende realizar ejercicio físico con la intención de mejorar nuestro estado de salud debemos establecer un programa de entrenamiento físico, y para ello hemos de tener en cuenta algunos principios básicos:

1º.- El entrenamiento debe ser específico, dirigido al tipo de actividad deportiva concreta en que se pretenda destacar. Un individuo puede adquirir una buena forma física nadando o corriendo, pero si lo que pretende es competir en alguna especialidad deportiva el entrenamiento deberá ir dirigido a esa actividad concreta, con el fin de obtener un máximo rendimiento.

2º.- El ejercicio físico debe realizarse de forma regular y sistematizada. No resulta nada beneficioso, e incluso puede ser muy perjudicial, "pegarse una paliza jugando al squash" una vez al mes, si el resto del tiempo tenemos una vida sedentaria. Es mucho mejor, y sin riesgos, hacer todos los días un poquito de ejercicio que "machacarnos" los fines de semana.

3º.- Cualquier programa de ejercicio debe ser individualizado, teniendo en cuenta la edad, el sexo, las características antropométricas y la "forma física" inicial de cada sujeto.

4º.- No debemos olvidar que la forma obtenida es reversible, de manera que si dejamos de entrenar, perdemos, en relativamente poco tiempo, lo que habíamos logrado.

En los párrafos siguientes pretendemos, teniendo en cuenta los principios mencionados, establecer unas líneas orientativas sobre el tipo de ejercicio físico más conveniente para el piloto, y de manera especial para aquellos que, como en la acrobacia aérea, se exponen a ambientes de altas aceleraciones.

## TIPOS DE EJERCICIO FISICO Y SU EFECTO SOBRE EL ORGANISMO

**L**A contracción de las fibras musculares que forman parte del sistema locomotor es la base de la actividad física de los seres vivos. Para que dichas fibras se contraigan precisan de una cierta cantidad de energía que obtienen a partir de la metabolización de los nutrientes que le son aportados por el sistema cardiovascular, una vez absorbidos desde el tracto digestivo.

Las células o fibras musculares pueden obtener la energía que precisan a través de dos vías: una, que utiliza considerables cantidades de oxígeno —metabolismo aeróbico—, y otra en la que las reacciones químicas se desarrollan en ausencia de este gas —vía anaeróbica—.

Cuando una fibra muscular inicia una contracción, la primera energía que necesita la obtiene por vía anaeróbica (a partir de unas sustancias —conocidas como "pool de los fosfatos"— que se encuentran en el citoplasma de las células), pero conforme las contracciones se extienden en el tiempo, la vía anaeróbica se hace insuficiente (por agotamiento del "pool de fosfatos"), pasándose al metabolismo aeróbico —oxígeno-dependiente— (con participación de las mitocondrias celulares).

Existen diferentes tipos de fibras musculares; unas, llamadas de contracción lenta o fibras tipo I, que están "espe-

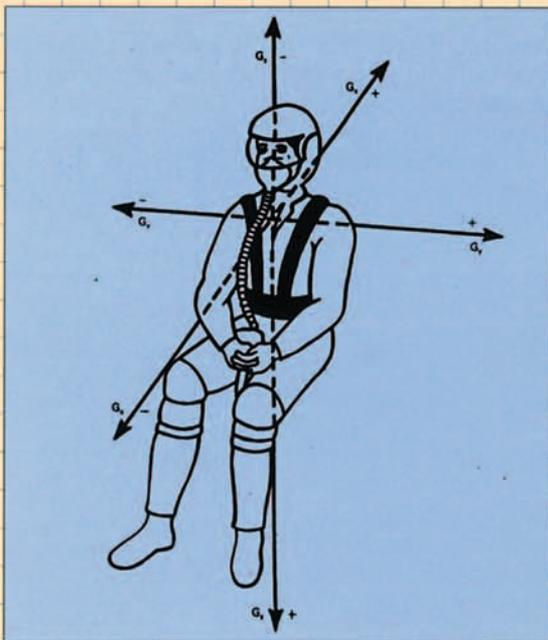


Fig. 1. Representación gráfica de las aceleraciones según la dirección en que actúan sobre el organismo.

cializadas", por así decir, en la vía aeróbica, y que son por tanto muy eficaces en los ejercicios físicos de larga duración, siempre que tengan un aporte de oxígeno suficiente, y otras, llamadas de contracción rápida o tipo II, "especializadas" en el metabolismo anaeróbico, que se encargan de los ejercicios de intensa pero breve duración.

En función del tipo de actividad física que realicemos ejercitaremos más un tipo de fibras u otro, y en consecuencia desarrollaremos más unas u otras, lo cual está en concordancia directa con el principio de especificidad expuesto en la introducción de este trabajo.

Los deportes de resistencia, como las carreras de maratón o el esquí de fondo, exigen un intenso metabolismo aeróbico, mientras que los de potencia, como el levantamiento de pesas o las carreras de 100 metros, se basan en el anaeróbico.

Al margen de las diferencias que el tipo de ejercicio desarrollado produce a nivel celular del tejido muscular, la actividad física provoca una serie de adaptaciones y modificaciones en otros aparatos y sistemas, sobre todo los sistemas cardiovascular y respiratorio (cuadro 1).

## EL AMBIENTE DE ALTAS GS Y LAS MANIOBRAS ANTI-G

CUANDO el piloto se somete a altas aceleraciones, tal y como ocurre cuando se realizan giros muy cerrados en vuelo, sobre el organismo del piloto actuarán una serie de fuerzas: atracción gravitacional, centrífuga..., que provocan el desplazamiento de la sangre y los fluidos corporales en la dirección de la resultante de esas fuerzas. Por la posición que lleva el piloto y por el diseño de las aeronaves, dicho desplazamiento ocurre la mayoría de las veces en el eje vertical o longitudinal del cuerpo, llamado eje Z. Tal desplazamiento puede ocurrir en dirección "craneo-caudal", es decir de la cabeza a los pies, que es lo más habitual, hablándose entonces de Gz positivas, o en dirección caudo-craneal, o sea de pies a cabeza, hablándose de Gz negativas. (figura 1)

En el primer caso, Gz+, la zona superior de cuerpo (tórax y cabeza) quedará con un riego sanguíneo muy reducido, con la consiguiente hipoxia cerebral, al tiempo que se acumula la sangre en el hemicuerpo inferior (piernas), mientras que en el segundo caso, Gz-, se producirá una gran congestión craneal, y una disminución del riego en los miembros inferiores.

Los efectos de esta redistribución de la sangre se concretan, en el caso de las Gz+, en una serie de sín-

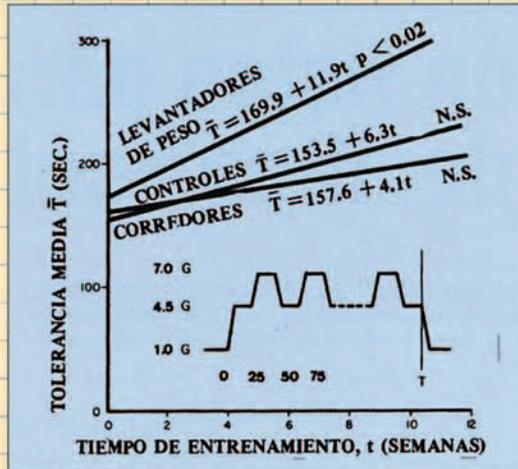


Fig. 2. Efecto de la condición física sobre la tolerancia a las +Gz.

tomas visuales: disminución del campo visual ("visión túnel"), visión gris -sensación de pérdida del brillo de los colores- ("grey out"), y visión negra ("black out") cuando la presión de perfusión a nivel de la retina se hace cero, y neurológicos: pérdida de conciencia, convulsiones, amnesia. La tolerancia media del ser humano a las altas Gz+, sin sistemas de protección ni maniobras de ningún tipo, está en torno a las 4.5 Gz+, comenzando a continuación los síntomas mencionados en ese mismo orden.

En el caso de las aceleraciones negativas, Gz-, se produce una congestión de toda la región craneal con la llamada "visión roja". Superar las 3 Gz- implica un alto riesgo de ruptura vascular cerebral y la consiguiente hemorragia.

Además de los mencionados efectos hemodinámicos, se produce un aumento general del peso, y en consecuencia dificultad de movilización de las diferentes partes de nuestro organismo. Debemos tener en cuenta que un individuo que pesa 70 kgs, al exponerse a 7 Gz+ pesará 490 kgs. Las estructuras que componen el aparato locomotor (huesos, articulaciones, huesos) están "diseñadas" para "funcionar" en ambientes de 1 G, por lo que su funcionalidad quedará muy limitada cuando el ambiente gravitoinercial aumente, e incluso podrán producirse lesiones (fracturas-aplastamiento vertebrales, esguinces cervicales,...)

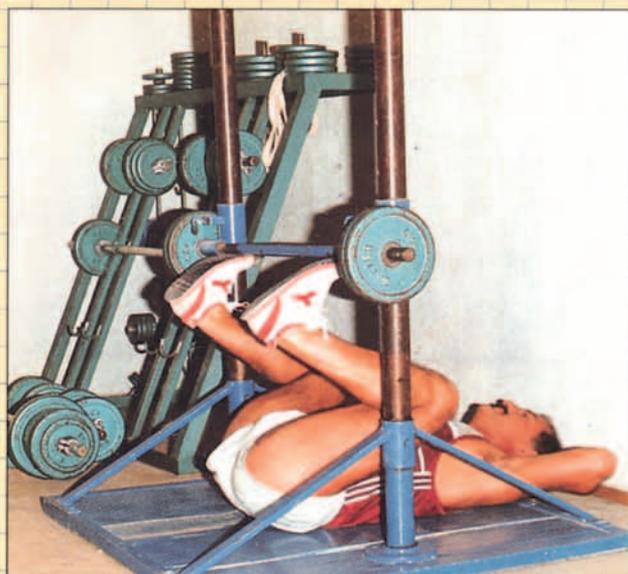
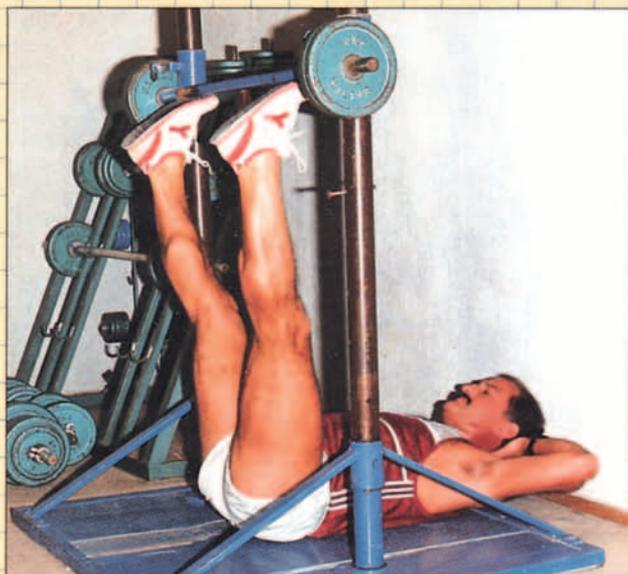
Contra este aumento de peso no podemos hacer nada, pero contra la redistribución de la sangre sí. Existen una serie de maniobras -que se conocen con el nombre de "maniobras anti-G"- que conjugan la

Contra este aumento de peso no podemos hacer nada, pero contra la redistribución de la sangre sí.

Existen una serie de maniobras -que se conocen con el nombre de "maniobras anti-G"- que conjugan la

### CUADRO 1 CAMBIOS ADAPTATIVOS DE DIFERENTES SISTEMAS DURANTE EL ENTRENAMIENTO AEROBICO

- \* En sistema cardiovascular:
  - Aumento del tamaño y masa del corazón
  - Disminución de la frecuencia cardiaca
  - Aumento del volumen de sangre eyectado desde el corazón en cada latido
  - Disminución de los niveles de la tensión arterial
  - Redistribución de la circulación sanguínea, con incremento en la circulación de los músculos que se estén utilizando
- \* En sistema respiratorio:
  - Aumento de los volúmenes respiratorios
- \* En sangre:
  - Aumento del volumen de plasma y de la cantidad de hemoglobina
  - Aumento de HDL (lipoproteínas transportadoras de colesterol)



*Ejercicio de extensión de piernas.*

contracción de diferentes grupos musculares, sobre todo de abdomen y miembros inferiores, con una ventilación pulmonar especialmente controlada manteniendo una espiración contra glotis cerrada durante 3 segundos, incrementando así la presión dentro del tórax, seguida de una inspiración rápida, en 1 segundo, para renovar el aire. Con estas maniobras conseguimos enviar más sangre al corazón desde la parte inferior del cuerpo gracias a la contracción de los mencionados grupos musculares, quien a su vez puede bombear esa sangre al territorio superior, logrando un mayor aporte de sangre al cerebro, evitando, o al menos disminuyendo, la hipoxia cerebral.

Cuando las maniobras se hacen bien, el incremento en la tolerancia frente a las Gz+ alcanza las 2,5 Gz.

#### **PROGRAMA ESPECÍFICO DE ENTRENAMIENTO PARA PILOTOS QUE SE SOMETEN A AMBIENTES DE "ALTAS GS"**

**P**ARA realizar ese tipo de maniobras es preciso contar con una buena forma física y realizar un entrenamiento específico adecuado. El tipo de contracciones musculares que se realizan en dichas maniobras son de corta duración (normalmente menos de un minuto, ya que las maniobras aeróbicas que implican altas Gs sólo se mantienen unos segundos), pero intensas, lo que se corresponde con ejercicio físico anaeróbico, tal y como se describió al comienzo de este trabajo.

El entrenamiento físico que deberemos seguir será por lo tanto básicamente anaeróbico.

Un estudio, ya clásico, de principios de los 80, demostraba que aquellos pilotos que realizaban entrenamiento anaeróbico tenían una tolerancia significativamente superior sobre aquellos que no tenían ningún plan de entrenamiento especial, y también sobre los que realizaban entrenamiento aeróbico intenso (figura

2). La explicación viene dada por el principio de especificidad comentado en la introducción. El tipo de ejercicio muscular realizado durante la exposición a altas Gs es del tipo anaeróbico, como ya hemos comentado, por tanto el entrenamiento deberá encaminarse en esa línea, incrementando las fibras musculares de contracción rápida, y preparando los grupos musculares que más papel jugarán durante las maniobras anti-G (abdominales, muslos y piernas).

Por otro lado, el exceso de entrenamiento aeróbico (ejemplo: marathon) llevará a una serie de modificaciones generales en el organismo -hipotensión, bradicardia- (ver cuadro 1), que no son las idóneas para aguantar ese ambiente de altas aceleraciones. Sin embargo, algunas de las modificaciones producidas por el entrenamiento aeróbico moderado sí pueden resultar interesantes para la buena forma física del piloto. Por tanto el entrenamiento deberá compaginar convenientemente ambos tipos de ejercicio.

A lo largo de un vuelo aerobático, se repiten sucesivamente esas situaciones de altas aceleraciones, por lo que deberemos estar haciendo "maniobras anti-G" durante gran parte del vuelo, lo que lleva a una considerable fatiga física. Cuanto más entrenamiento y mejores condiciones físicas, menos fatiga tendremos.

#### **PRINCIPALES GRUPOS MUSCULARES A ENTRENAR**

**L**OS principales grupos musculares que se verán involucrados en las maniobras anti-G son los de miembros inferiores y abdomen, aunque la contracción de la musculatura braquial también colaborará en el mayor aporte de sangre al corazón.

Además la preparación de una adecuada musculatura cervical es de suma importancia con el fin de evitar lesiones en ese área.

## TABLAS DE ENTRENAMIENTO

## \* MIEMBROS INFERIORES

**Ejercicio 1**

\* Músculos de las piernas (gemelos, sóleo, tibial anterior)

Posición de partida (Pp): subidos sobre un banco, apoyados sobre la mitad anterior del pie, dejando el talón en el aire, cargar el peso, estirando la musculatura dorsal de la pierna.

Posición final (Pf): elevarse de puntillas al máximo.

Debe realizarse con carga sobre los hombros

**Ejercicio 2**

\* Músculos extensores de la pierna (cuadriceps) (región anterior del muslo)

Pp: sentado con las piernas colgando.

Pf: elevación máxima de la pierna

Debe realizarse con peso a nivel distal de la pierna.

**Ejercicio 3**

\* Músculos flexores de la pierna (bíceps crural) (región posterior del muslo)

Pp: tumbados boca abajo, con peso a nivel distal en la pierna, con la pierna estirada

Pf: flexionar la pierna sobre el muslo

**Ejercicio 4**

\* Musculatura global de la pierna: press de pierna.

## MUSCULATURA ABDOMINAL

**Ejercicio 5**

Pp: tumbados de espaldas sobre un banco inclinado

Pf: elevación del tronco. Brazos sobre el pecho

**Ejercicio 6**

Como el anterior, pero manteniendo la Pf durante 3 segundos.

## MUSCULATURA DE MIEMBROS SUPERIORES

**Ejercicio 7**

\* Musculatura de los brazos

Pp: brazos en extensión a lo largo del cuerpo, palmas hacia delante sujetando el peso.

Pf: flexión de antebrazo sobre brazo

**Ejercicio 8**

\* Musculatura de cintura escapular: press de banco.

## MUSCULATURA DE CUELLO

**Ejercicio 9**

Giros de cuello

**Ejercicio 10**

Pp: mirando al frente

Pf: flexión hacia delante

**Ejercicio 11**

Pp: mirando al frente

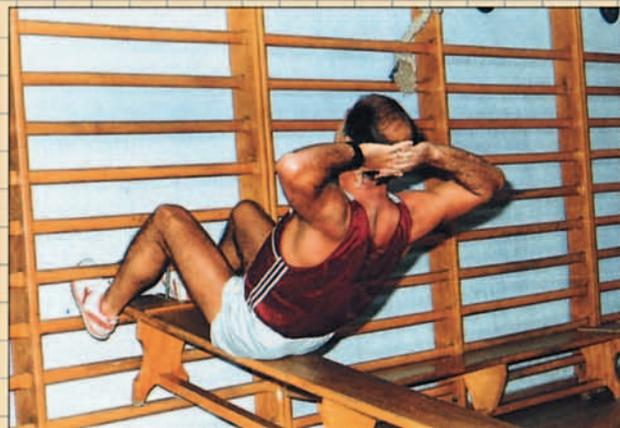
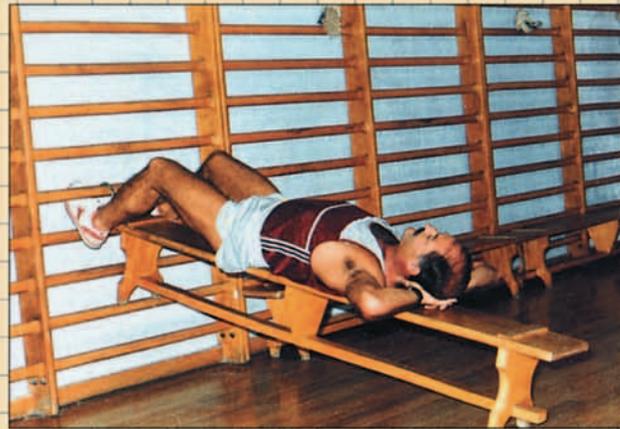
Pf: giro lateral

**Ejercicio 12**

Pp: mirando al frente

Pf: inclinación lateral

Los ejercicios 10, 11 y 12, deben hacerse contra resistencia, por ejemplo, el 10, sujetando un compañero la frente del entrenando con ambas manos.



*Flexión del tronco en plano inclinado.*

ejercicios (ver tablas), con un breve descanso entre las series (1 a 2 minutos), para permitir la recuperación.

La carga (peso) con que deberá realizar el entrenamiento será del 70% del peso máximo con que puede realizar un ejercicio de forma controlada.

El entrenamiento anaeróbico se desarrollará tres días por semana, en días alternos.

Periódicamente, se valorará la ganancia de potencia y se adecuará la carga convenientemente, hasta alcanzar el nivel de mantenimiento.

Naturalmente este entrenamiento irá precedido del correspondiente calentamiento, y finalizará con unos estiramientos de los grupos musculares entrenados.

Con el fin de obtener los beneficios del ejercicio aeróbico para la forma física general del sujeto, se alternará el entrenamiento anaeróbico mencionado, con deportes o ejercicios de resistencia como carrera (jogging), bicicleta o natación, en periodos de 30 a 40 minutos, otros dos o tres días por semana. Recordemos que un entrenamiento aeróbico más intenso podría tener efectos perjudiciales para la tolerancia a las altas aceleraciones.

Por último, con el fin de obtener los diversos beneficios de los deportes de competición y equipo, sobre todo compenetración y coordinación, se debería estimular este tipo de actividades, desarrollándolas, por ejemplo, una vez por semana. ■

## SISTEMATICA DEL ENTRENAMIENTO

EL entrenamiento se basará en la preparación anaeróbica desarrollando una serie de tablas de ejercicios en gimnasio, por medio de los aparatos, sistemas de poleas, pesas o mancuernas adecuados.

Como línea orientativa para establecer el plan de entrenamiento, el entrenando realizará entre 3 y 4 series de 8 a 12 repeticiones cada una de cada uno de los