

# Prescripción de ejercicios de características aeróbicas en sujetos sedentarios

---

Jesús Mora Vicente. Matilde Mora Fernández

*Grupo de Investigación Galeno.*

*Universidad de Cádiz. Facultad de Ciencias de la Educación. Campus Universitario de Puerto Real. Polígono Río San Pedro, 11510 Puerto Real. Cádiz. Tfno. (956) 016200. Fax (956) 016253.*

*(Recibido Septiembre 1999; aceptado Diciembre 1999).*

*Biblid (0214-137X (1999) 16; 195-222)*

## **Resumen**

Hoy en día son muchos los individuos, que estimulados por la propaganda que les anima a la práctica del ejercicio físico, como medio eficaz para conseguir una adecuada forma física, y evitar determinado tipo de enfermedades propias y características de los sedentarios, inician un programa de actividades físicas sin ningún tipo de control e información, sobre las pautas que deben seguir y respetar.

Con este artículo se pretende dar una información muy general sobre el concepto de ejercicio físico, las pautas o tests que deberían realizarse antes de iniciar un programa de ejercicios, las características de los ejercicios aeróbicos y la prescripción del ejercicio físico con objeto de mejorar la forma física en los adultos sedentarios.

**Palabras clave:** ejercicio aeróbico, forma física, prescripción de ejercicio en adultos.

## **Abstract**

Today there are many individuals who –stimulated by advertising that encourages them to practise physical exercise as an efficient way to reach an adequate physical and to avoid certain types of illnesses that are characteristic of sedentary people- start a physical activities programme without any control or information about the rules to be followed and respected.

This article wants to give a very general information of the concept of physical exercise, the rules or tests that should be performed prior to initiating an exercise programme, the characteristics of aerobic exercises and the prescription of physical exercise to improve physical shape in sedentary adults.

**Key words:** aerobic exercise, physical shape, prescription of exercise to adults.

**Résumé:**

Aujourd'hui nombreux sont les individus qui, stimulés par la publicité qui les encourage à la pratique de l'exercice physique comme moyen efficace pour obtenir une forme physique adéquate et pour éviter les maladies caractéristiques de la vie sédentaire, commencent un programme d'activités physiques sans aucun contrôle ni renseignement sur ce qu'ils doivent faire et respecter. Cet article prétend donner une information générale sur le concept d'exercice physique, ses règles, les tests qu'il faudrait réaliser avant de commencer un plan d'exercices, les caractéristiques des exercices d'aérobic et la prescription de l'exercice dont le but est d'améliorer la forme physique chez les adultes sédentaires.

**Mots clés:** exercice d'aérobic, forme physique, prescription d'exercice chez les adultes.

**Sumario**

1.- Concepto de ejercicio. 2.- Fisiología del esfuerzo. Conceptos básicos. 3.- Forma física. 4.- Valoración de los niveles de la forma física. 5.- Diseño del programa de ejercicio físico. 6.- Prescripción de ejercicio físico con objeto de mejorar la forma física en adultos.

## 1. Concepto de ejercicio físico

*Por actividad física se entiende cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que supone un consumo de energía (Caspersen, 1984).*

En líneas generales, esto es así y podemos incluir aquí todas las actividades de la vida diaria y las actividades laborales de cada persona. Sin embargo, el concepto de ejercicio físico posee unos matices que hacen de él un grupo de actividades diferentes, en las que no se incluyen las tareas propias del organismo ni las laborales. Actividades como alimentarse, dormir, desplazarse de un lugar a otro, vestirse o asearse son esfuerzos que realiza el organismo y que conllevan consumo de energía, pero son movimientos que necesariamente deben ser realizados para vivir o sentirse vivo, por lo que no se les puede dar la categoría de ejercicio físico. Las tareas laborales y caseras son también actividades que realiza el organismo con un gasto de energía, pero, a diferencia de las anteriores, éstas le son obligatorias y su obligatoriedad le viene impuesta por la sociedad, por su necesidad de relación con los demás individuos, por lo que tampoco se pueden encuadrar dentro del contexto de ejercicio físico aunque supongan una actividad física.

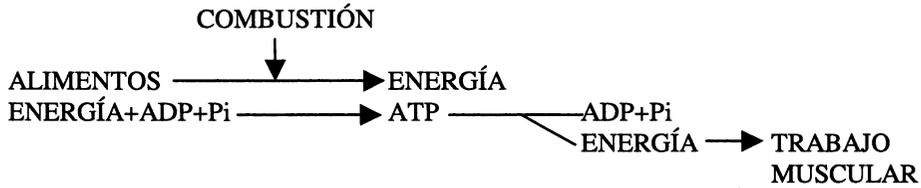
El ejercicio físico es, pues, una categoría de actividad física, es toda actividad realizada por el organismo, libre y voluntariamente, que es planificada, estructurada y repetida, con mayor o menor consumo de energía, cuya finalidad es la de producir un mejor funcionamiento del propio organismo.

El ejercicio físico regular produce muchos beneficios tanto en individuos con enfermedades crónicas como en los sanos. De todos los efectos que el ejercicio físico tiene sobre el organismo, unos están verdaderamente documentados, a través de estudios correctamente

diseñados y ejecutados, otros son tema de controversia, debido a la dificultad que existe para llevar a cabo los correspondientes estudios con la adecuada fiabilidad y precisión, y otros solamente han sido comprobados con encuestas realizadas entre los sujetos que realizan ejercicio físico regularmente, con lo que sus conclusiones no deben generalizarse, ni tomarse como algo ciertamente comprobado. Sin embargo, sí es cierto que los individuos que realizan ejercicio físico regularmente, sienten todos estos efectos en su organismo. Tales efectos suceden tanto a nivel psíquico como físico o fisiológico.

En la esfera fisiológica, el ejercicio físico provoca efectos y como consecuencia adaptaciones beneficiosas a distintos niveles, entre otros: sobre el *sistema nervioso central* (mejora el tono muscular y los reflejos, aumenta el número y la calidad de las percepciones sensitivas, mejora la coordinación, etc.), sobre el *aparato cardiovascular* (funcionamiento cardíaco más eficiente, con un mayor volumen sistólico y menor frecuencia cardíaca, una relación de capilares por fibra muscular más alta, aumento del calibre de las coronarias y reducción de la tensión arterial (Fox, 1984), sobre el *aparato respiratorio* (incrementa la capacidad pulmonar, renueva más frecuentemente el aire residual, pone en funcionamiento gran número de alvéolos que otras personas sedentarias raramente utilizan, aumenta el intercambio de gases y mejora el funcionamiento de los músculos respiratorios), sobre el *aparato locomotor* (aumenta el rango de movimiento de las articulaciones, mejora la resistencia del músculo a los esfuerzos, su fuerza y velocidad de acortamiento se incrementa, mantiene los huesos en un buen estado de mineralización, disminuyendo el riesgo de osteoporosis, etc.).

Todos estos efectos se podrían resumir, quizás, en los dos efectos generales más importantes que un individuo puede conseguir a través del ejercicio físico: el aumento de la



capacidad de trabajo físico, mediante un aumento del consumo máximo de oxígeno, y con ello la mejora de su calidad de vida y el aumento de la longevidad o de la cantidad de vida, sobre lo que existen muchas controversias que parecen irse disipando con los estudios de Paffenbarger (1986) y Blair (1989).

se forma mediante la unión de una molécula de ADP y otra de Pi, que se produce gracias a la utilización de la energía procedente de la combustión de los alimentos y en cuya unión se almacena esa energía. Por tanto, el ATP es la fuente inmediata de esa energía para la contracción muscular, y los alimentos son la fuente original de energía.

## 2.- Fisiología del esfuerzo. Conceptos básicos

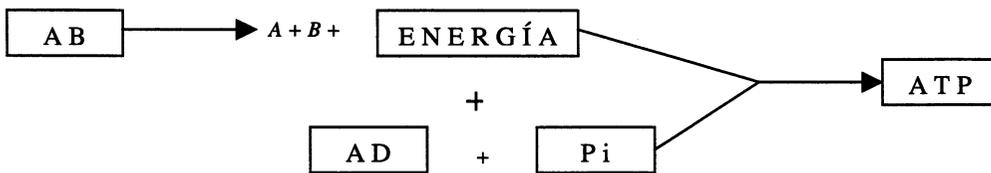
### Sistemas energéticos utilizados durante el ejercicio

Cuando el organismo humano se pone en movimiento, lo hace gracias a las contracciones musculares, y esto supone trabajo. Trabajo es la aplicación de una fuerza a través de una distancia; por tanto el organismo cuando se mueve está produciendo trabajo muscular. Para realizar cualquier tipo de trabajo, incluido el trabajo muscular, se necesita energía. El adenosín trifosfato (ATP) es el compuesto químico encargado de aportar la energía necesaria para realizar el trabajo muscular, mediante su desdoblamiento en una molécula de fosfato inorgánico (Pi) y una molécula de adenosin difosfato (ADP) con la correspondiente liberación de energía química que es utilizada por el músculo para su contracción. Ahora bien, el ATP

Cuando en el organismo se produce la combustión de los alimentos, se desprende una energía que utiliza el ADP para incorporar a su molécula otra molécula de Pi y transformarse en ATP, este último queda a disposición de la célula muscular para que cuando esta vaya a contraerse, el ATP se desprenda de la molécula de Pi, transformándose en ADP y liberando una energía química que es la que le va a posibilitar a la célula muscular contraerse.

El organismo dispone de tres vías o sistemas de reacciones químicas para obtener la energía necesaria para formar ATP.

Estos tres sistemas de reacciones responden al principio de las reacciones acopladas y en términos químicos se podían representar de la siguiente forma (Bowers, 1995):



El compuesto AB se desarrolla por una serie de reacciones metabólicas en sus componentes A y B y en este proceso se libera una energía. Esta energía es utilizada después para formar ATP a partir de sus componentes ADP y Pi.

De las tres vías o sistemas de reacciones metabólicas que utiliza el organismo para obtener la energía necesaria para formar ATP, dos de ellas no requieren la presencia de oxígeno, y por ello se denominan vías anaeróbicas o sistemas anaeróbicos, y una requiere la presencia de oxígeno por lo que se denomina vía aeróbica o sistema aeróbico. De las dos vías anaeróbicas, una no produce ácido láctico como uno de los componentes finales y se denomina vía aláctica (es el sistema del fosfágeno o vía de la fosfocreatina). La otra sí produce ácido láctico como componente final y se denomina vía láctica (es el sistema de la glucólisis anaeróbica). La vía aeróbica es el sistema de la glucólisis aeróbica o fosforilación oxidativa.

#### *Sistema fosfágeno o vía de la fosfocreatina:*

La fosfocreatina (Pc) es una sustancia química estrechamente relacionada con el ATP que también se almacena en las células musculares. Los almacenes que el músculo dispone de ambas sustancias son pequeños, sin embargo, la velocidad con que el músculo puede disponer de la energía liberada por este músculo es muy importante para la realización de esfuerzos violentos de corta duración y de una gran intensidad.

Por este motivo el sistema fosfágeno es el medio por el que el organismo obtiene la energía para el comienzo de un esfuerzo y para mantener éste a su máxima intensidad durante aproximadamente 10 ó 15 sg., al cabo de este tiempo, este sistema agota su capacidad de

producir energía y hay que esperar a que se restauren sus niveles de almacenamiento en el músculo.

#### *Glucólisis anaeróbica:*

El término glucólisis significa “desdoblamiento del glucógeno o de la glucosa” y anaeróbica quiere decir “sin presencia de oxígeno”. Por lo tanto, el sistema de glucólisis anaeróbica consiste en la degradación o desdoblamiento del glucógeno o de su unidad elemental, la glucosa, en ausencia de oxígeno, para proporcionar al organismo energía que permita la resíntesis del ATP.

Cuando el glucógeno se desdobra, produce ácido láctico y cuando este se almacena en la sangre y músculos produce fatiga, llegando un momento en el que esta acumulación es tan alta que impide el mantenimiento del esfuerzo durante más tiempo.

La glucólisis anaeróbica es el sistema energético por el que el organismo obtiene energía necesaria para realizar esfuerzos de intensidad elevada que duran entre 30 sg y 2 min.

#### *Sistema del oxígeno o aeróbico:*

El sistema aeróbico o fosforilación oxidativa es el sistema de reacciones metabólicas por las que el glucógeno, o su unidad elemental, la glucosa, se desdobra en otros compuestos más sencillos, dando como resultado final la producción de agua (H<sub>2</sub>O), anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y energía para formar ATP, pero en presencia de oxígeno suficiente.

El agua y el CO<sub>2</sub> formado como productos finales, carecen de toxicidad para el organismo y no producen fatiga ya que el CO<sub>2</sub>

Duración del ejercicio	Sistema principal de aporte energético.
Hasta 15 sg.	Sistema fosfágeno
De 15 a 30 sg.	Sistema fosfágeno + glucólisis anaeróbica
De 30 sg a 2 min.	Glucólisis anaeróbica.
De 2 a 3 min.	Glucólisis anaeróbica + fosforilación oxidativa.
De 3 a 30 min.	Fosforilación oxidativa (glucógeno)
Superior a 30 min.	Fosforilación oxidativa (ácidos grasos)

TABLA 1: Resumen de la participación de los tres sistemas energéticos según la duración del esfuerzo, a la máxima intensidad con que puede ser mantenido durante ese tiempo.

es transportado por la sangre a los pulmones a través de los cuales es expulsado fuera del organismo por la respiración, y el agua es de suma utilidad en múltiples procesos durante el esfuerzo.

Este sistema es el encargado de aportar la energía al organismo mediante el desdoblamiento del glucógeno para mantener esfuerzos entre 3 y 30 min. Cuando el esfuerzo supera los 30 min. el organismo utiliza también este sistema para la obtención de energía, pero empleando como combustibles ácidos grasos en lugar de glucógeno.

El organismo, mediante este sistema metabólico, no sólo utiliza hidratos de carbono y grasas para obtener energía, sino que en determinadas circunstancias, puede también utilizar proteínas y sus aminoácidos para obtener esa misma energía.

Así mismo, este sistema metabólico es el que aporta la energía necesaria para que el organismo funcione en condiciones de reposo.

*Clasificación de los ejercicios físicos con relación al tipo de metabolismo solicitado:*

En condiciones de reposo un adulto de 80 kg de peso corporal tiene un consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) que oscila entre 200 y 300 ml / min ( $VO_2$  basal).

Tipo de esfuerzo	$VO_2$ l / min
Basal en ayunas	0,230
Reposo sentado	0,300
Reposo de pie	0,350
Conduciendo	0,450
Paseando	0,600
Caminar rápido	1.100
Carrera lenta	2.000
Carrera rápida	2.500
Esfuerzo máximo	3.000 a 5.000

TABLA 2: Valores de consumos de oxígeno ( $VO_2$ ) correspondientes a la ejecución de diversas actividades (Barbany, 1990)

Existe un conjunto heterogéneo de factores que influyen en este aumento del consumo de oxígeno:

1. Las características del esfuerzo:
  - 1.1. A mayor potencia de trabajo y a mayor implicación de masa muscular mayor será el volumen de oxígeno consumido.
  - 1.2. La velocidad de ejecución también condiciona el volumen de oxígeno consumido.
2. La duración de la actividad.
3. Los condicionantes mecánicos. A mayor técnica, mayor eficacia y menor consumo de oxígeno.
4. Nivel de entrenamiento.

5. Factores climáticos: En condiciones desfavorables de temperatura (calor) hay un incremento en el volumen de oxígeno consumido.

El consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx) se define como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede consumir por unidad de tiempo en el curso de un ejercicio intenso, poniendo en juego masas musculares suficientemente importantes para solicitar al máximo el sistema de intercambio gaseoso.

Es muy variable entre individuos y depende de la constitución genética, edad, sexo, entrenamiento y masa muscular involucrada.

El consumo máximo de oxígeno se obtiene de acuerdo con la ecuación de Fick:

$$VO_2 \text{ máx.} = Q \times Dif a - VO_2$$

donde  $Q$  es el gasto cardíaco o volumen minuto, y se define como el volumen de sangre eyectada por el corazón durante un minuto. Este volumen es consecuencia del número de veces que el corazón late durante este tiempo (Frecuencia cardíaca.  $F_c$ ) y de la cantidad de sangre que es eyectada en cada latido ventricular (Volumen sistólico.  $V_s$ ):

$$Q = F_c \times V_s$$

y  $Dif a - VO_2$  la diferencia en los contenidos de  $O_2$  entre la sangre arterial y venosa y representa la cantidad de oxígeno extraído y consumido por los tejidos por cada 100 ml de sangre circulante.

En adultos normales de sexo masculino y que sólo practiquen ejercicio físico esporádicamente (no entrenados) su  $VO_2$  máx se encuentra entre 40 – 50 ml / kg / min. En la literatura científica (Neuman, 1988, Saltin 1989) se refieren valores de  $VO_2$  máx excepcionales

correspondientes a determinados atletas de élite. En este sentido se han descrito cifras superiores a los 6.5 l / min o más de 85 ml / kg / min.

Sujetos sedentarios, jóvenes y adultos de sexo masculino están cerca de un  $VO_2$  máx de 50 ml/kg/min., mientras que los sujetos sedentarios de sexo femenino están a 40 ml / kg / min.

Características	$VO_2$ máx relativo (ml / Kg / min.)
No entrenados	
Mujeres (20 – 30 años)	32 - 38 ml / Kg / min.
Hombres (20 – 30 años)	40 – 55 ml / Kg / min.
Deportistas de resistencia altamente entrenados:	
Mujeres	60 –70 ml / Kg / min.
Hombres	80 – 90 ml / Kg / min.
Valores normales para el nivel de fitness	
Mujeres	32 – 38 ml / Kg / min.
Hombres	40 – 55 ml / Kg / min

TABLA 3: Valores de  $VO_2$  máx relativos como promedio medidas y como valores normales para un diferente nivel de rendimiento (Zintl, 1991)

El  $VO_2$  máx está determinado por varios factores (Péronnet, 1990):

1. La ventilación para la captación de oxígeno del aire.
2. La difusión tisular a nivel pulmonar, que consiste en una transferencia de oxígeno desde el aire a la sangre, lo que determina la capacidad de difusión pulmonar.
3. La saturación de la hemoglobina por el oxígeno.
4. El gasto cardíaco ( $Q$ )
5. El débito sanguíneo muscular
6. La capacidad de difusión del oxígeno desde la sangre, liberándose de la hemoglobina circulante hacia la mitocondria.
7. La actividad enzimática.

## 8. La disponibilidad de los sustratos energéticos.

Durante el reposo un sujeto consume aproximadamente entre 200 y 300 ml / O<sub>2</sub>. Con el comienzo de una actividad, el consumo de oxígeno comienza paulatinamente a incrementarse para de esta forma hacer frente a las demandas energéticas, al llegar aproximadamente a los 3 - 4 min., *si la intensidad demandada por el esfuerzo no es excesivamente elevada*, se establece una meseta produciéndose una estabilización en el consumo de oxígeno. A esta meseta de la curva del consumo de oxígeno se la conoce como *estado estable o fase estable*. Esta situación refleja un equilibrio entre la energía requerida por los músculos que están actuando y el ritmo de producción de ATP mediante el metabolismo aeróbico (ejercicios aeróbicos), en definitiva de la energía que se está poniendo a disposición muscular. Una vez que se interrumpe el ejercicio, hay una rápida recuperación al comienzo, completándose totalmente una vez que han transcurrido unos minutos.

La curva del consumo de oxígeno no aumenta instantáneamente a un ritmo estable al comienzo. De hecho, en las etapas iniciales el consumo de oxígeno está por debajo del nivel del ritmo estable, aunque la energía requerida para realizar la actividad permanece supuestamente sin cambiar durante todo el periodo de trabajo. Al comienzo de todo ejercicio, el sistema de intercambio gaseoso encargado de la captación y transporte de oxígeno, sufre unas adaptaciones con objeto de hacer frente a las demandas energéticas, hasta lograr igualar los requerimientos con los aportes energéticos (*ejercicios aeróbicos*).

Cuando la intensidad del ejercicio es alta, no se puede hacer frente a las necesidades energéticas requeridas a través del metabolismo aeróbico, ya que se requiere una mayor

presencia de oxígeno y éste no puede ser abastecido, por lo que se pone en marcha otra vía energética, en este caso la anaeróbica (*ejercicios anaeróbicos*).

En unas actividades físicas, el tipo de esfuerzo presenta mayor contribución del sistema aeróbico, son pues ejercicios aeróbicos o esfuerzo de tipo aeróbicos y en otras actividades, el tipo de esfuerzo requiere una mayor contribución de los sistemas anaeróbicos, y por lo tanto son ejercicios anaeróbicos o esfuerzos de tipo anaeróbicos.

Definitivamente y de acuerdo con el tipo de metabolismo predominante solicitado, se pueden catalogar los esfuerzos (ejercicios) en:

1. Aeróbicos
2. Anaeróbicos.

*Ejercicios aeróbicos:* Son todos aquellos en los que se solicita la participación de grandes grupos musculares (carrera, marcha, bicicleta, natación, remo, esquí de fondo, etc.), se ejecutan a una intensidad que se encuentra entre el 50 y el 85% del máximo consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx) y son mantenidos de forma continuada al menos tres minutos.

Como se muestra en la figura 2, durante el reposo el consumo de oxígeno se encuentra entre 200 y 300 ml / min, mientras que la frecuencia cardíaca oscila entre 50 y 90 pul/min, dependiendo estas cifras de los niveles de condición física de los individuos además de otras causas.

Con el inicio del ejercicio el consumo de oxígeno comienza a incrementarse para hacer frente a las demandas energéticas, si la intensidad del esfuerzo se encuentra entre el 50 y el 85% del VO<sub>2</sub> máx al llegar aproximadamente a los 3 - 4 min se establecerá una meseta llamada fase estable. Si no se produce ninguna modificación en la intensidad

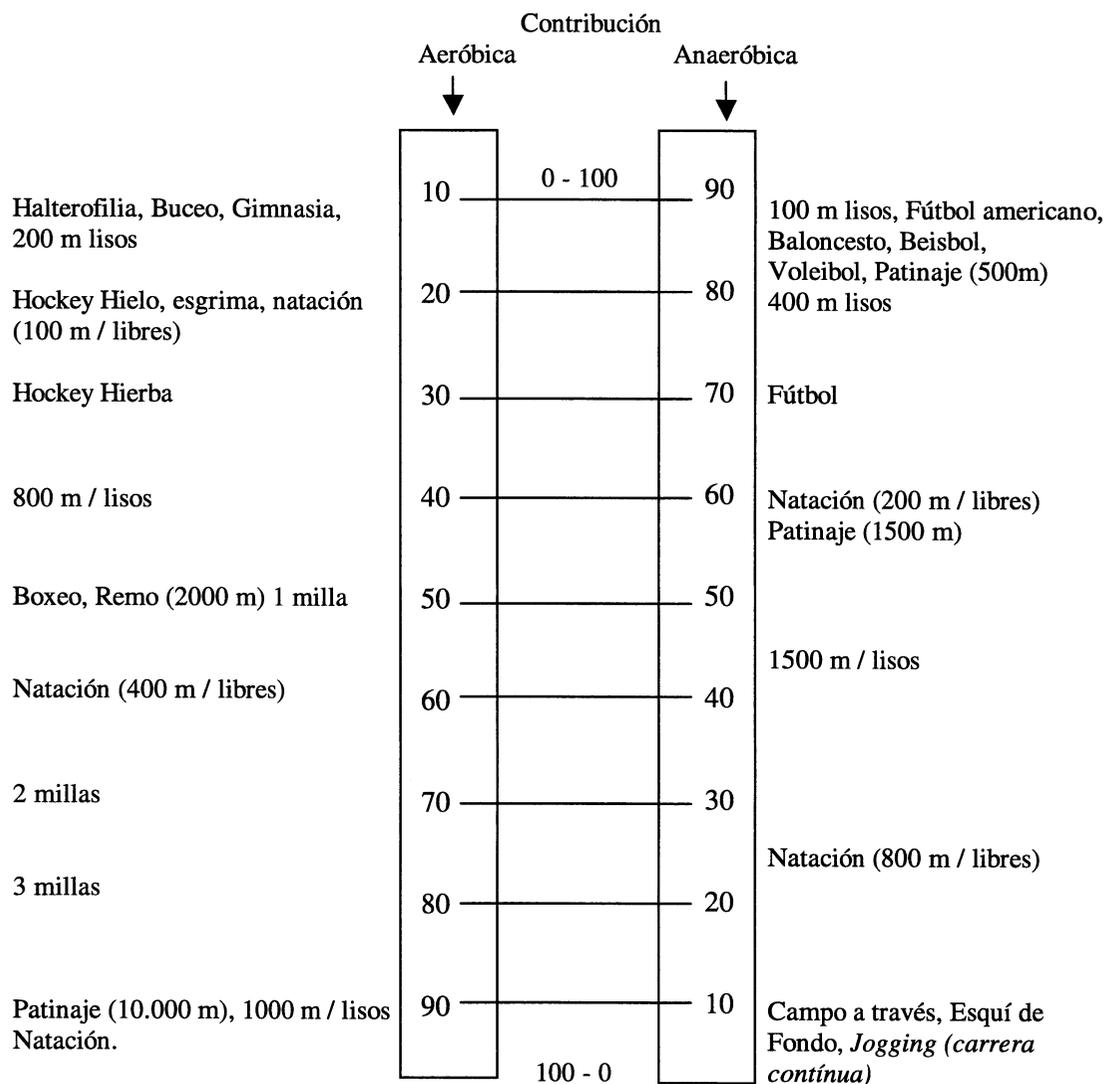


Fig. 1: Contribución aeróbica y anaeróbica a diferentes esfuerzos. Modificado de Bowers (1995). Fisiología del deporte, pp. 43. Panamericana. Buenos Aires.

del ejercicio esta fase se mantendrá estable el tiempo que se mantenga la ejercitación.

Al ser la sangre el elemento encargado de transportar el oxígeno y las sustancias

metabólicas hasta la célula muscular, es lógico deducir que con el ejercicio se incrementará el flujo sanguíneo, cantidad de sangre movilizada por minuto, al objeto de satisfacer los requerimientos metabólicos y de oxígeno de los

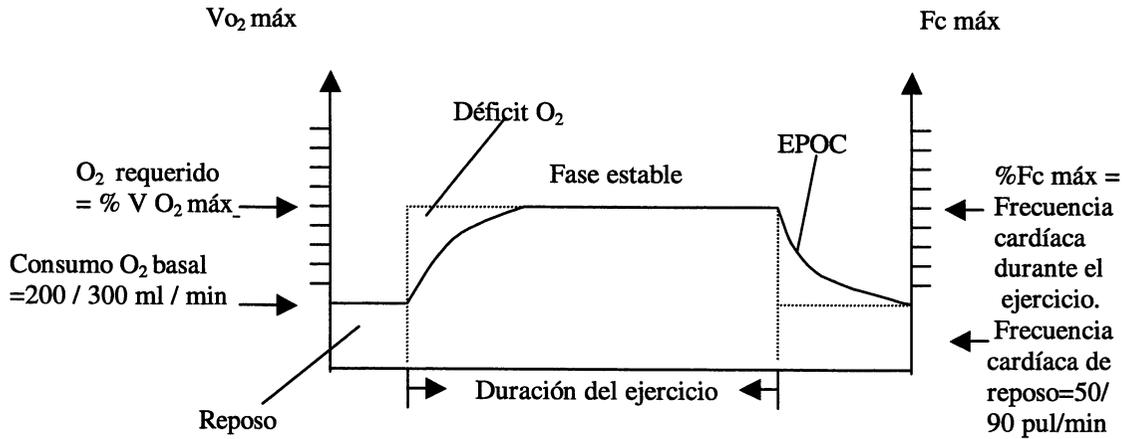


FIG. 2: Ejercicio Aeróbico

$V_{O_2 \text{ máx}}$  = Consumo máximo de oxígeno

$F_c \text{ máx}$  = Frecuencia cardíaca máxima

EPOC = Exceso Consumo de Oxígeno Postesfuerzo.

grupos musculares que están provocando con su contracción la actividad física. Para incrementar el gasto cardíaco (Q) el organismo modifica dos parámetros: incremento de la frecuencia cardíaca ( $F_c$ ) y del volumen sistólico ( $V_s$ ). Los individuos no entrenados en resistencia disponen de pocos recursos para incrementar el Q a partir del  $V_s$ , por lo que el único medio que les resta es incrementar la  $F_c$ , de ahí *que a una misma intensidad de ejercitación aeróbica, un sujeto entrenado tendrá una  $F_c$  inferior, durante el esfuerzo y en reposo, a otro que no lo está.*

En definitiva con el incremento del consumo de oxígeno se produce un incremento lineal de la  $F_c$ . Por tanto a medida que se aumentan las demandas de oxígeno se aumentarán paralelamente los latidos por minuto, por lo que existe una relación entre consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca.

Los ejercicios aeróbicos significan esfuerzos, como ya se ha expuesto, entre el 40 y

el 85% del  $V_{O_2 \text{ máx}}$  y entre el 50 y el 85% de la  $F_c \text{ máx}$  (figura 3), estos porcentajes dependen entre otros factores de los niveles de condición física de cada sujeto. Quiere esto decir que un sujeto, A, de 50 años que realiza un esfuerzo de características aeróbicas, carrera continua, deberá mantener su  $F_c$  entre 120 / 165 pul / min lo que supone una velocidad de desplazamiento de 12 / 14 Kms / h que mantendrá durante 30 / 40 min. Por otro lado, otro sujeto, B, atleta de nivel internacional, mantendrá su frecuencia cardíaca entre 160 / 180 pul / min, lo que significa una velocidad de desplazamiento entre 19 / 20 km / h durante 130 / 140 min. Ambos sujetos están realizando ejercicios de características aeróbicas, pero a diferente intensidad. Si el sujeto A intentara realizar el mismo esfuerzo que el sujeto B, no lo podría mantener más allá de 2 / 5 min, encontrándose inmediatamente con una frecuencia cardíaca igual o superior a 190 / 195 pul / min, lo cual significa esfuerzos nada recomendados para este tipo de sujetos.

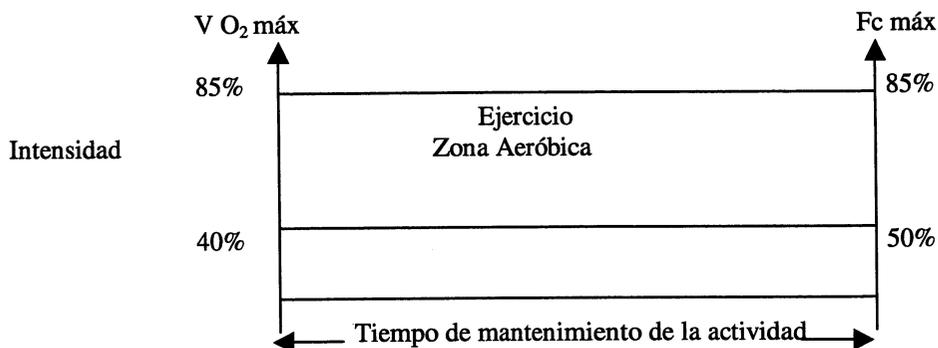


Fig. 3: Los ejercicios aeróbicos significan esfuerzos mantenidos durante largo tiempo a unas intensidades entre el 40 / 85% del  $VO_2$  máx que se corresponden con unos porcentajes del 50 / 85% de la Fc máx.

Finalizado el ejercicio, los procesos corporales no vuelven inmediatamente a los niveles de reposo. Si el ejercicio no ha sido intenso la recuperación es rápida y a menudo procede sin ser notada. En la recuperación de un ejercicio ligero, moderado o intenso, el oxígeno consumido en exceso sobre la cantidad consumida en reposo se denomina deuda de oxígeno (actualmente los fisiólogos del ejercicio la denominan *EPOC* que significa Exceso Consumo de Oxígeno Postesfuerzo). La deuda de oxígeno (indicada por el área sombreada por debajo de la curva de recuperación) (figura 2) se calcula como el total de oxígeno consumido durante la recuperación menos el total de oxígeno consumido teóricamente en reposo durante el tiempo de la recuperación.

No hay duda de que el metabolismo aeróbico elevado durante la recuperación es necesario para devolver el cuerpo a su condición previa al ejercicio y es en gran parte el resultado de los acontecimientos metabólicos y fisiológicos ocurridos durante el ejercicio. En el ejercicio moderado, este exceso del consumo de oxígeno durante la recuperación sirve para mejorar los fosfatos de alta energía agotados por el ejercicio, así como para provocar los ajustes

respiratorios, circulatorios, hormonales, iónicos y térmicos (Mc Ardle, 1990) alterados por el esfuerzo.

*Ejercicios Anaeróbicos:* Cuando no existe una aportación de oxígeno suficiente para la oxidación y cuando los procesos metabólicos sin participación de oxígeno adquieren una importancia esencial estamos refiriéndonos a ejercicios anaeróbicos (anaeróbicos = no oxidación) (figura 4). La vía anaeróbica para disponer de energía siempre se emplea cuando la oxidación aeróbica no cubre suficientemente unas exigencias elevadas de energía.

La descomposición del glucógeno y de la glucosa se produce en anaerobiosis, situación en la que la célula no dispone de suficiente oxígeno, produciéndose como resultado final ácido pirúvico y sobre todo ácido láctico. Como consecuencia de la transformación de la glucosa en ácido láctico se produce una acidosis metabólica en la célula y finalmente en todo el organismo, que llega a impedir la continuación del trabajo muscular.

La mayor captación del oxígeno después del esfuerzo (EPOC) sirve, por un lado,

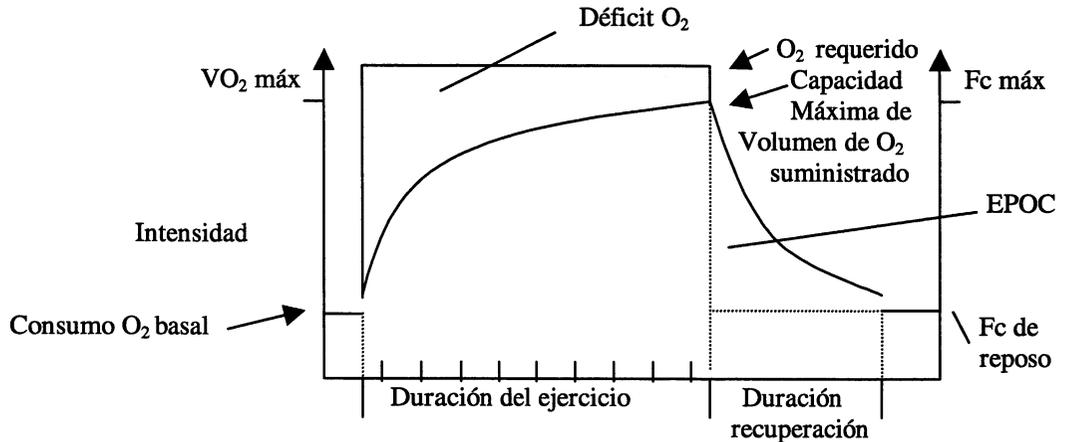


Fig 4.- Ejercicio anaeróbico.

para volver a llenar los depósitos de creatinfosfato y para degradar de forma oxidativa el lactato formado. Además se requiere más oxígeno para la mayor actividad del músculo cardíaco y de los músculos respiratorios, y para volver a llenar los depósitos de oxígeno (mioglobina) (Zintl 1991).

*Este tipo de esfuerzo, que por su intensidad no permite ser mantenido mucho tiempo, no es aconsejable incluirlo en los programas de acondicionamiento físico para sujetos que realizan ejercicio con objeto de mantenerse en forma.*

### 3. Forma física

A medida que el hombre ha ido progresando en sus descubrimientos e invenciones, ha ido creando una sociedad cada vez más automatizada y más tecnológica, en la que la realización de las tareas o actividades diarias requieren cada vez menos esfuerzo o ejercicio físico. Por eso, ante las comodidades que la vida moderna ofrece, se encuentran

sujetos que no realizan prácticamente ejercicio, aumentando durante las últimas décadas el número de personas sedentarias, sobrealimentadas y con exceso de peso, incapaces de hacer frente a algunas demandas de la vida diaria, ya que tienen debilitado su sistema cardiovascular, sufren un acúmulo de grasas corporal y se encuentran disminuidas sus condiciones físicas.

La forma física es algo más que la capacidad para hacer frente a las demandas de la vida cotidiana, es el funcionamiento óptimo de los diversos sistemas fisiológicos del organismo, y en particular del aparato cardiovascular, del aparato respiratorio y de los sistemas nerviosos y musculoesquelético. Pero para que el organismo funcione cada vez mejor, es necesario entrenarlo, ejercitarlo y esto requiere un esfuerzo riguroso de mente y cuerpo.

Aunque cada individuo puede encontrar sus propias razones para mantener una correcta forma física, en general, se opina que el ejercicio adecuadamente realizado provoca unas

mejoras del funcionamiento del aparato locomotor y de los aparatos cardiovascular y respiratorio, con una consiguiente mejora de la salud general del organismo. Un individuo en forma se ajusta mejor al incremento de las demandas físicas necesarias, tanto para las actividades de la vida cotidiana como a las impuestas por el ejercicio, y vuelve al estado normal de reposo, es decir, se recupera antes, que el individuo que no lo está. El corazón que está físicamente en forma se contrae menor número de veces y bombea más sangre por latido en reposo, lo que se traduce en un ahorro de energía, o en un ahorro en el trabajo del corazón cada día, en relación con el corazón que no está en forma.

Ahora bien ¿cuál es la correcta forma física?, la respuesta vendrá determinada por las razones o metas que cada sujeto se haya planteado para la realización de ejercicio físico. Estas metas pueden ir desde el mantenimiento y mejora de la salud, hasta la búsqueda del éxito en las competiciones deportivas. Por tanto la correcta forma física de los sujetos que se dedican al deporte de alta competición, deberá ser muy superior a la de aquellos otros que se deciden por una ejercitación orientada al mantenimiento y mejora de la salud. Sin embargo, tanto unos como otros, deberán lograr sus objetivos a través del mismo proceso, es decir, del entrenamiento o la ejercitación.

#### *4.- Valoración de los niveles de forma física*

Previo al inicio de un programa de entrenamiento con objeto de mejorar la forma física, es aconsejable someterse a una batería de test que evalúen el nivel inicial o actual de la condición física y a su vez descarten cualquier tipo de anomalía que impida la realización del ejercicio o bien aconsejen un reconocimiento médico más profundo y específico.

Existen numerosas propuestas de tests al objeto de valorar los niveles de condición física:

- Tests para evaluar la morfología o condición anatómica.
- Tests para evaluar los aparatos cardiovascular y respiratorio.
- Tests para evaluar la fuerza y la flexibilidad.
- Tests para evaluar la velocidad y resistencia muscular.
- Tests para evaluar la capacidad aeróbica o consumo máximo de oxígeno.

McArdle (1.986) muestra una serie de reglas, teniendo en cuenta la edad y el estado de Salud, para todos aquellos individuos que van a iniciar un programa de ejercicios:

1. Si una persona tiene menos de 35 años y no tienen ningún historial previo de enfermedad cardiovascular y ningún factor de riesgo primario importante conocido (Hipertensión, hiperlipidemia, fumador) ni secundario (historial familiar, obesidad, inactividad física, diabetes mellitus) y ha pasado un examen médico en los últimos dos años, es generalmente aceptable que inicie un programa de ejercicio sin un certificado médico especial. Estos individuos pueden también realizar unas pruebas con fines de una evaluación funcional para que un especialista en ejercicio prepare la prescripción del ejercicio.
2. Si una persona tiene menos de 35 años pero revela evidencia de una enfermedad cardíaca coronaria o una combinación significativa de factores de riesgo, deberá recibir un permiso

médico antes de iniciar un programa de ejercicio. Esto debería incluir una prueba de esfuerzo escalonado realizada bajo la supervisión de un médico.

*3. Para todos los adultos de más de 35 años*, se aconseja un examen médico antes de realizar un incremento importante en sus hábitos de ejercicio. Esta evaluación médica deberá incluir un ECG (electrocardiograma) controlado antes, durante y mientras se recupere de una prueba progresiva de esfuerzo supervisada por un médico.

Estas normas concuerdan con las políticas y prácticas del Colegio Americano de Medicina del Deporte y la Asociación Médica Americana (1.975)

En este trabajo sólo nos vamos a limitar a la exposición de los tests para valorar los aparatos cardiovascular y respiratorio y la capacidad aeróbica o consumo máximo de oxígeno y dentro de estos, aquellos que entendemos son los más útiles y menos sofisticados (no requieren aparataje complicado ni costoso)

### *1. Test para evaluar los aparatos cardiovascular y respiratorio.*

#### *1.1 Tiempo de apnea voluntaria.*

Consiste en mantener una inspiración o una expiración forzada durante el mayor tiempo posible (Alpert, J.S. (1.989).

El tiempo mínimo es de 45 segundos para la apnea en inspiración y de 15 segundos para la apnea en expiración. La más utilizada es la apnea en inspiración.

#### *1.2 Test de Flack (Bourey 1.988)*

Consiste en una prueba de apnea bajo presión constante, tras una inspiración máxima forzada. El aire se va expulsando poco a poco a través de una boquilla conectada a un tubo en forma de U de 4 mm de diámetro lleno de mercurio. Hay que mantener el mayor tiempo posible un desnivel de 40 mm entre los dos niveles de mercurio, mediante la espiración del aire contenido en los pulmones. Se comprueba el pulso en reposo durante 5 segundos y después se sigue comprobando de 5 en 5 segundos a lo largo de toda la prueba. Con estos datos se construye una curva en la que las abscisas marcan el tiempo y las ordenadas las pulsaciones por minuto.

Un individuo entrenado mantiene dicha apnea de 45 a 55 segundos y su frecuencia cardíaca no se debe elevar más de 7 pulsaciones cada 5 segundos.

Para mayor comodidad es aconsejable realizar el test con un pulsómetro.

#### *1.3 Test de Ruffier-Dickson (Bourey 1.988)*

Comprueba el comportamiento cardíaco durante el esfuerzo. Se le solicita al sujeto que realice 30 flexiones profundas de rodillas (bajar hasta, por lo menos, colocar los muslos horizontales y paralelos al suelo) y extensiones en un tiempo de 45 segundos.

Antes de iniciar el test el sujeto que va a ejecutarlo se sienta en un banco unos minutos. Se toma el pulso en reposo ( $P_1$ ), inmediatamente después de haber finalizado las 30 flexiones ( $P_2$ ) y al minuto de haber finalizado ( $P_3$ ). La frecuencia cardíaca se toma durante 15 segundos.

$$\text{Índice} = \frac{(P_1 + P_2 + P_3) \times 4 - 200}{10}$$

Valoración :

- Menor a 1 ----- Muy bueno
- De 1 a 5 ----- Bueno
- De 5 a 10 ----- Mediano
- De 10 a 20 ----- Malo
- Superior a 20 - Sospechoso de patología.

### 2. Tests para evaluar la capacidad aeróbica o consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max)

No vamos a exponer ningún tests de medición del VO<sub>2</sub> con método directo, ya que por un lado es muy costoso y por otro requieren de una sofisticada tecnología, ergómetros, analizador de gases etc. Por su sencillez y la validez de los datos aportados sólo se expondrá el método de Astrand (1.960, 1.985).

#### 2.1 Método indirecto de estimación del VO<sub>2</sub>max. Método de Astrand (1.960, 1.985)

Se utiliza un escalón de 33 cm para las mujeres y de 40 cm para los hombres. Se le pide al sujeto que suba y baje del escalón, apoyando siempre las dos piernas arriba y abajo, con una frecuencia de 30 subidas por minuto, marcadas por un metrónomo. Se hacen determinaciones de la frecuencia cardíaca de un minuto, entre los 5 y 10 minutos del ejercicio y se anota la cifra cuando ya es constante ( si se utiliza un pulsómetro para comprobar la frecuencia cardíaca se recogerá la más alta alcanzada entre los 5 y 10 minutos de esfuerzo). A continuación en el normograma de la figura 5, con el dato del peso del sujeto y la frecuencia cardíaca alcanzada se estima su VO<sub>2</sub>máx

correspondiente. En los sujetos mayores de 25 años, este resultado se multiplica por el factor de corrección de la tabla 4.

El VO<sub>2</sub>máx se expresa corrientemente en mililitros por kilos por minuto (ml/Kg/min) por lo que los datos obtenidos en litros por minutos hay que convertirlos en mililitros y dividirlo por el peso del sujeto. Una valoración útil se muestra en la tabla 5.

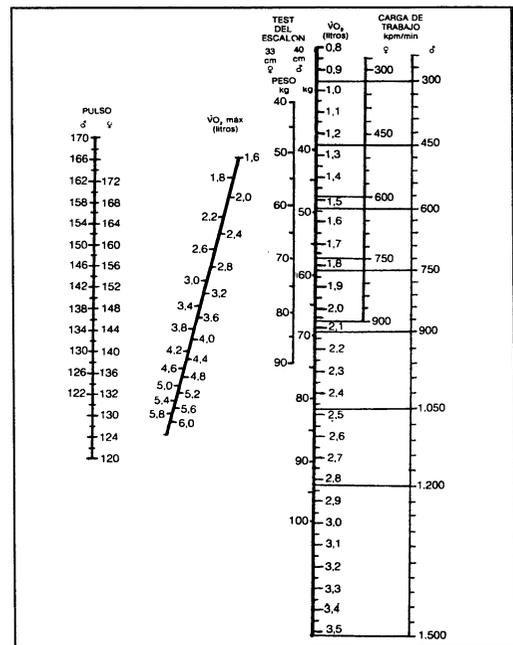


Figura 5. Normograma de Astrand (Tomado de Astrand P.P., Rodahl, K (1.985) Fisiología del trabajo físico, pp. 257, Paramericana. Buenos Aires)

EDAD (AÑOS)	FACTORES DE CORRELACIÓN PARA LA EDAD
15	1.10
25	1.00
35	0.87
40	0.83
45	0.78
50	0.75
55	0.71
60	0.68
65	0.65

Tabla 4. Factores de corrección según la edad para la estimación del  $VO_2\max$  (Tomado de Astrand, P.O., Rodahl, K (1985). Fisiología del trabajo físico. pp.259. Panamericana. Buenos Aires.)

El conocimiento del  $VO_2\max$  además de ser de utilidad para los sujetos que se dedican a la competición y realizan esfuerzos de larga duración lo es también para aportar una adecuada información de la forma física cardiorrespiratoria y prescribir el ejercicio a partir de estas informaciones.

### 5.- Diseño del programa de ejercicio físico

En el diseño de un programa de ejercicio físico es recomendable observar los siguientes apartados.

1. Justificación
2. Objetivos
3. Actividades
4. Recursos necesarios

#### Justificación.

Consiste en hacer un análisis de la situación, identificando dentro de ella los problemas existentes y estimando la forma en

que estos se verían beneficiados con la práctica del ejercicio físico. Dada la evolución hacia una vida cada vez más sedentaria que está siguiendo el progreso humano, se hace cada vez más prioritaria la práctica del ejercicio físico.

#### Objetivos y metas.

El propósito de un programa de ejercicio físico, en líneas generales debe ser *“Eleva el nivel de salud de los individuos que lo siguen, a través del hábito del ejercicio físico”*.

Los objetivos pueden ser tan ambiciosos y variados como grandes sean los recursos que se dispongan y prolífica la mente del que diseña el programa. Por ejemplo en adultos sanos los objetivos de un programa pueden ser: mejorar los niveles de condición física, prevenir (enfermedades cardiovasculares, problemas de salud, etc) educar (adquisición y mantenimientos de hábitos de vida sana e higiénicos, etc), apoyar en luchas sanitarias (tabaco, alcohol, drogas) y mejorar la calidad de vida.

Las metas dependen muy estrechamente de los objetivos y su periodicidad no debería ser inferior a un mes ni superior a un año. Se deben fijar metas realistas y fáciles de alcanzar por los participantes, respetando las condiciones y niveles físicos de cada individuo.

#### Actividades.

En este apartado hay que fijar y estructurar lo que se va a hacer (un sólo tipo de ejercicio en todas las sesiones, combinación de diferentes tipos de ejercicio dentro de una misma sesión, o a lo largo de la semana, como, por ejemplo carrera continua un día, otro bicicleta y otro nadar, combinación de ejercicios y juegos deportivos, etc.) como se va

<b>Mujeres</b>					
Edad	Mala	Deficiente	Aceptable	Buena	Muy buena
20-29	1,69	1,70-1,99	2,00-2,49	2,50-2,79	2,80+
	28	29-34	35-43	44-48	49+
30-39	1,59	1,60-1,89	1,90-2,39	2,40-2,69	2,70+
	27	28-33	34-41	42-47	48+
40-49	1,49	1,50-1,79	1,80-2,29	2,30-2,59	2,60+
	25	26-31	32-40	41-45	46+
50-65	1,29	1,30-1,59	1,60-2,09	2,10-2,39	2,40+
	21	22-28	29-36	37-41	42+
<b>Hombres</b>					
Edad	Mala	Deficiente	Aceptable	Buena	Muy buena
20-29	2,79	2,80-3,09	3,10-3,69	3,70-3,99	4,00+
	38	39-43	44-51	52-56	57+
30-39	2,49	2,50-2,79	2,80-3,39	3,40-3,69	3,70+
	34	35-39	40-47	48-51	52+
40-49	2,19	2,20-2,49	2,50-3,09	3,10-3,39	3,40+
	30	31-35	36-43	44-47	48+
50-59	1,89	1,90-2,19	2,20-2,79	2,80-3,09	3,10+
	25	26-31	32-39	40-43	44+
60-69	1,59	1,60-1,89	1,90-2,49	2,50-2,79	2,80+
	21	22-26	27-35	36-39	40+

Tabla 5. Clasificación de los sujetos según su  $VO_2$ máx en l/min (cifra superior) y ml/Kg/min (cifra inferior) (Astrand. P.O. (1.960). Acta Physiol. Scand.pp.49.)

a hacer ( sólo o en grupo, de forma supervisada o no supervisada), cuándo se va a hacer (en qué momento del día, teniendo la precaución de no situar las sesiones después de las comidas o en horas del día que no haya humedad relativa y calor extremos) con que periodicidad (diaria, días alternos, etc), dónde se va a realizar (lugares adecuados, en el caso de realizar ejercicios aeróbicos cómo puede ser carrera

continúa, debe buscarse un terreno sin excesivos desniveles) y las líneas básicas que se seguirán en la realización de las actividades (valoración previa de los niveles de condición física, prescripción del ejercicio según las características de los participantes.)

En relación a las actividades, los programas de ejercicio físico pueden ser

supervisados o no supervisados. En los programas no supervisados el individuo realiza las actividades bajo su propio control, sin necesidad de que nadie esté presente en sus sesiones de entrenamiento.

En los programas supervisados existe un personal técnico en ejercicio físico para dirigir, controlar y ayudar al cumplimiento de la prescripción del ejercicio durante la sesión de entrenamiento.

A modo de referencia el American College of Sports Medicine (1.980) divide a los participantes en nueve categorías que van de la A a la I.

En la categoría A clasifica a los sujetos asintomáticos, físicamente activos de cualquier edad, sin factores de riesgo cardiovascular, ni enfermedad que pueden participar en programas no supervisados.

En la categoría B incluye a los sujetos asintomáticos, físicamente inactivos de menos de 35 años, sin factores de riesgo cardiovascular, ni enfermedad, que desean incrementar su nivel habitual de actividad física y que pueden participar también en programas no supervisados. Si existen dudas acerca del estado de salud de aquellos individuos que no hayan pasado un examen médico durante el año anterior, deberán pasar una revisión.

La categoría C comprende a los sujetos asintomáticos, físicamente inactivos, de 35 años o más, sin factores de riesgo cardiovasculares, ni enfermedad, y la categoría D incluye a los sujetos asintomáticos, de cualquier edad, físicamente activos o inactivos con factores de riesgo cardiovascular, pero sin enfermedad conocida. Estas dos categorías deberán pasar un reconocimiento médico completo y una prueba de esfuerzo antes de iniciar el programa de ejercicios. También

podrían participar en programas no supervisados, pero con un estrecho control y seguimiento.

La categoría E agrupa a los sujetos asintomáticos de cualquier edad con enfermedad conocida; la categoría F a las personas sintomáticas físicamente activas y clínicamente estables durante seis o más meses, la categoría G a las personas sintomáticas, físicamente inactivas y clínicamente estables durante seis o más meses en su enfermedad. Estas categorías necesitan una evaluación cuidadosa de sus problemas médicos específicos y la medicación correspondientes y sólo deben participar en programas supervisados.

En la categoría H se agrupan las personas sintomáticas, con comienzo reciente de enfermedad coronaria, que precisan una evaluación cuidadosa y medicación. Estos sujetos deben realizar el programa de ejercicio supervisado por un hospital.

Por último la categoría I abarca a todos aquellos sujetos para los que el ejercicio físico está contraindicado. Estos no deberían iniciar un programa de ejercicios hasta que los problemas médicos no hayan sido evaluados y tratados, sin embargo, habrá sujetos que a pesar de esto seguirán sin poder realizar actividad física, mientras otros, después del tratamiento podrán ser incluidos en otra categoría diferente.

### Recursos necesarios

Nos referimos a los recursos humanos y materiales.

Como recursos humanos, se requerirían un equipo de personas que deberían estar formado por personal sanitario: médicos, son los encargados de determinar el estado de salud de los participantes, antes y durante la ejecución del programa y de prescribir el tipo de ejercicio

en el caso de necesidades especiales, y personal técnico en ejercicio físico: licenciados y profesores o instructores debidamente formados. Estos serán los encargados de dirigir las sesiones de entrenamientos vigilando y controlando que se cumplen los objetivos propuestos: tipo de ejercicios, intensidad de la ejercitación, duración, etc.

### *6.- Prescripción del ejercicio con objeto de mejorar la forma física*

La mejora o el mantenimiento de la forma física consiste en la mejora o mantenimiento de las capacidades que lo componen. Un sujeto goza de un buen nivel de forma física cuando tiene un adecuado nivel de desarrollo de estas capacidades. Por tanto, la mejora o el mantenimiento de la forma física se consigue entrenando, en definitiva realizando ejercitaciones en las que se solicite trabajo muscular.

Los factores que deben ser involucrados en un programa de ejercicio orientado a mejorar la forma física son:

- Resistencia aeróbica o resistencia cardiovascular.
- Resistencia muscular
- Fuerza
- Velocidad
- Flexibilidad.

De todos estos factores sólo nos vamos a referir a la resistencia aeróbica o resistencia cardiovascular por ser el motivo de este trabajo.

La resistencia aeróbica es la capacidad fundamental de la forma física, necesaria para mantener la salud y una alta calidad de vida, y, por lo tanto, su desarrollo y mejora mediante el tipo de entrenamiento a base de ejercicio físico, es imprescindible para cualquier sujeto que desee gozar de una adecuada forma física, y de

una capacidad de trabajo suficiente para realizar cualquier actividad de la vida cotidiana, con la menor acumulación de fatiga posible.

La prescripción de ejercicio para el desarrollo de la resistencia aeróbica debe responder a las siguientes preguntas. ¿Qué tipo de ejercicio es el más adecuado? ¿con qué periodicidad debe realizarse? ¿qué intensidad debe suponer una ejercitación de este tipo? ¿cómo controlar la intensidad del esfuerzo?, ¿cómo comenzar?

Las respuestas a estas preguntas constituyen los elementos o ingredientes que componen la prescripción de ejercicio por parte del personal técnico: la forma de actividad física o de ejercicio, la frecuencia, la duración, la intensidad, el comienzo y la progresión.

*Forma o tipo de ejercicio.* Las actividades que utilizan grandes grupos musculares de forma continuada, y con la intensidad y duración requeridas para hacer que la energía utilizada en el trabajo muscular proceda del sistema aeróbico, son las que más incrementan el  $VO_2$ máx y, por tanto mejor hacen trabajar a los sistemas cardiovascular y respiratorio. Estas actividades son las recomendadas como forma o tipo de ejercicio, y corresponden, entre otras, a las siguientes: marcha, trote, carrera continua, natación, esquí de fondo, ciclismo, remo, danza aeróbica, saltar a la comba, tenis, subir escaleras, piragüismo, deportes de equipo, etc.

No hay diferencias en realizar un tipo u otro de ejercicio si se mantienen los criterios de duración, intensidad y frecuencia de la actividad. La selección de la actividad se debe hacer atendiendo a criterios tales como: instalaciones y equipamientos de que se dispone, tiempo del que se dispone, características del sujeto o del grupo que va a realizar la actividad etc. Todas las actividades

las podemos dividir en dos grandes grupos: 1) *Actividades físicas durante las cuales se mantiene fácilmente la intensidad del esfuerzo con poca variabilidad en la frecuencia cardíaca (por ejemplo: caminar, correr, nadar, montar en bicicleta, patinar, etc).* 2) *Actividades físicas durante las cuales no se mantiene de forma continuada la intensidad del ejercicio (por ejemplo: deportes individuales y de equipo, juegos, danza, etc).*

Cuando es necesario un control preciso de la intensidad del esfuerzo, como puede ser en el caso de los sujetos que se inician, se recomiendan las actividades del grupo 1. Los niveles de condición física determinarán si los ejercicios se realizarán de forma continua o discontinua.

*Intensidad.* La intensidad y la duración del esfuerzo están interrelacionadas, de tal forma que se puede obtener la misma mejora ejercitándose a las intensidades más bajas capaces de inducir un efecto de entrenamiento, pero durante mucho tiempo, que a intensidades muchos más elevadas y de duración mucho más corta. Sin embargo, el problema que tienen las intensidades de esfuerzo elevadas es el de estar asociadas con un mayor riesgo cardiovascular, lesiones musculoesqueléticas y un menor cumplimiento de la prescripción del ejercicio, que las intensidades más bajas. *Por tanto se debe recomendar, en los que se inician, intensidades de baja a moderadas con duraciones más cortas.*

La intensidad del esfuerzo que se está realizando se puede comprobar utilizando diferentes parámetros: como un porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima (% Fc máx), de la frecuencia cardíaca de reserva (%FCR)(método de Karvonen) o de la capacidad funcional, medida por el porcentaje del consumo máximo de oxígeno que se está utilizando (% VO<sub>2</sub>máx) o en unidades metabólicas (%MET<sub>s</sub> máx). Una

unidad metabólica o METs es el equivalente al consumo de oxígeno de reposo y tiene un valor nominal de 3.5 ml/Kg/min de oxígeno. Las intensidades de trabajo con diversas demandas de consumo de oxígeno pueden ser expresadas en unidades METs dividiendo por una constante. Por ejemplo: un sujeto durante una actividad está consumiendo 20 ml/Kg/min de oxígeno, esto supondrá:

$$\text{METs} = \frac{20 \text{ ml/Kg/min}}{3.5 \text{ ml/Kg/min}} = 5.7 \text{ METs}$$

El sistema METs aporta una traducción sencilla de la demanda de oxígeno del ejercicio en múltiplos del VO<sub>2</sub> de reposo. El gasto energético (Kcal/h) de cada actividad se puede calcular, con aproximación, multiplicando los METs por el peso del sujeto.

El porcentaje de capacidad funcional (% VO<sub>2</sub> máx) que un determinado individuo es capaz de mantener es bastante variable y depende entre otros factores del nivel de condición física, del estado actual de forma, etc. Los corredores de largas distancias, como puede ser la maratón, son capaces de mantener el 80% de su VO<sub>2</sub> máx durante 2 a 3 horas, sin embargo sujetos con un bajo nivel de condición física no serían capaces de mantener una actividad, a este porcentaje, más de 10 / 15 minutos.

Existe un umbral recomendado de esfuerzo, expresado en porcentajes de la capacidad funcional (tabla 6) que sería el recomendable y el adecuado, dependiendo de los niveles del individuo.

La determinación de la intensidad del esfuerzo como % del VO<sub>2</sub> máx se realiza calculando entre el 50 y el 80% del VO<sub>2</sub> máx del sujeto, hallado mediante una prueba de esfuerzo máximo en laboratorio

Porcentaje empleado del Consumo máximo de oxígeno (% VO <sub>2</sub> máx)	Porcentaje empleado de la Frecuencia cardíaca máxima (% Fc máx)	Tipo de intensidad
<30	<35	Muy ligera (Aeróbica)
30-49	35-59	Ligera (Aeróbica)
50-74	60-79	Moderada (Aeróbica)
75-84	80-89	Alta (Umbral)
>85	>90	Muy alta (Anaeróbica)

Tabla 6.- Clasificación de la intensidad de un ejercicio de características aeróbicas. Relación entre el porcentaje del VO<sub>2</sub> máx y el de la Fc máx (Pollock, M.L., Wilmore, J.H. (1.990).

*La intensidad más sencilla de determinar, ya que no requiere de ningún aparataje complejo, es utilizando la frecuencia cardíaca.* Esto se puede hacer fácilmente con los pulsómetros (monitores que porta el sujeto que miden la frecuencia cardíaca), o bien, en el caso de no disponer de ellos, mediante la palpación del pulso, que realizada la toma correctamente el resultado es tan seguro como el arrojado por los pulsómetros. Todos los sujetos deben aprender a tomarse el pulso de forma correcta, la frecuencia debe comprobarse palpando en la muñeca (arteria radial) en el cuello (arteria carótida) o bien en el pecho (punta del corazón).

En los comienzos, deberían detenerse en algunos momentos durante el esfuerzo, localizarse el pulso en los lugares indicados, y contarlo inmediatamente durante 6 segundos, la cifra que dé como resultado, se multiplica por 10 (se añade un cero) y se conocerán las pulsaciones por minuto.

Dos son los métodos que se utilizan para determinar la intensidad del esfuerzo a partir de la frecuencia cardíaca.

#### 1. Método de la frecuencia cardíaca máxima (Fc máx).

Esta se determina en cada sujeto a partir de la fórmula:

$$Fc \text{ máx} = 220 - \text{Edad (años)}$$

La intensidad del ejercicio debe encontrarse entre el 60 y el 85 % de la Fc máx. Esta intensidad corresponderá aproximadamente al 60/85% del VO<sub>2</sub> máx. En la tabla 7 se presentan diversas frecuencias cardíacas máximas según la edad y los límites entre los que debe estar la intensidad del esfuerzo, en pulsaciones por minutos. Este método subestima la frecuencia para un determinado nivel, por lo que debe añadirse 15 a la frecuencia cardíaca ideal calculada.

Supongamos un sujeto de 40 años de edad que realiza carrera continua con objeto de mejorar su resistencia aeróbica.

$$Fc \text{ máx estimada} = 220 - 40 = 180 \text{ pul/min}$$

Edad	Fc máx	85% Fc máx	60% Fc máx
20	200	170	120
25	195	166	117
30	190	162	114
35	185	158	111
40	180	153	108
45	175	149	105
50	170	145	102
55	165	140	99
60	160	136	96

Tabla 7. Límites de intensidad del ejercicio en pulsaciones/minuto, según Fc máx

Por lo tanto la intensidad de la ejercitación estimada según % de la Fc máx debería encontrarse:

-FCE mínima (frecuencia cardíaca mínima durante el entrenamiento)=

$$0.6 \times 180 = 108 \text{ pul/min} + 15 = 123 \text{ pul/min}$$

-FCE máxima (frecuencia cardíaca máxima durante el entrenamiento)=

$$0.85 \times 180 = 153 \text{ pul/min} + 15 = 168 \text{ pul/min.}$$

Quiere esto decir que habría que observar durante el entrenamiento que la frecuencia cardíaca se mantuviera estable en la intensidad ( entre 60 y 85% Fc máx) programada.

## 2. Método Karvonen

Consiste en calcular la frecuencia cardíaca de reserva (FCR). Para ello a la Fc máx estimada se le resta la frecuencia cardíaca medida en reposo en posición de sentado (FCR = Fc máxima - Fc reposo) con lo que se obtendrá la FCR, posteriormente se determinará

el 50 y el 85 % de la FCR y a ambos valores se les vuelve a sumar la Fc reposo, con lo que se tendrán los dos límites entre los que debe estar la frecuencia cardíaca de entrenamiento prescrita (FCE). Por lo tanto, las fórmulas para el cálculo de la intensidad del esfuerzo en pulsaciones por minuto son:

$$\text{FCE mínima} = 0.50 \times (\text{Fc máx} - \text{Fc reposo}) + \text{Fc reposo}$$

$$\text{FCE máxima} = 0.85 \times (\text{Fc máx} - \text{Fc reposo}) + \text{Fc reposo}$$

Supongamos un sujeto de 40 años de edad, que plantea iniciar un programa de entrenamiento de carrera continua, con objeto de mejorar su resistencia aeróbica. Sus pulsaciones en reposo son 70 latidos / minuto. La intensidad de la ejercitación utilizando el método de Karvonen sería:

$$\text{FCE mínima} = 0.50 \times (180 - 70) + 70 = 125 \text{ pul/min}$$

$$\text{FCE máxima} = 0.85 \times (180 - 70) + 70 = 163 \text{ pul/min}$$

*Duración del esfuerzo.* A las intensidades recomendadas se requiere una duración larga, la ideal está entre 20 y 60 minutos. (nos estamos refiriendo a sujetos que no se dedican a la competición) dependiendo de la intensidad. Inicialmente, aunque la intensidad sea baja, la duración debe ser corta (de 5 a 20 minutos) y posteriormente y de forma progresiva se irá incrementando a medida que el sujeto se habitúe a la actividad regular y la resistencia cardiovascular mejore.

*A menudo determinados sujetos, personas obesas y adultos sanos con baja capacidad funcional, en los inicios de un programa de entrenamiento de resistencia aeróbica, y aunque la intensidad elegida de*

*ejercitación sea baja (60% de la FC máx), son incapaces de mantener estable la frecuencia cardíaca, sin que esta se eleve hasta valores muy por encima de los deseados, ni aún en esfuerzos mínimos de 5 minutos. En estos casos es aconsejable seguir programas especiales (ver figura 6) con los que se trata de facilitar una carga continua, inicialmente mediante descansos de forma interválica, reduciendo paulatinamente los tiempos y la frecuencia de las pausas.*

Un aspecto a tener en cuenta en actividades corporales prolongadas es la regulación calórica. En las mejores situaciones de eficiencia mecánica (sujetos muy entrenados) sólo el 25% de la energía es destinada al ejercicio, mientras que el 75% es convertido en calor, y cuanto más intenso es el esfuerzo físico realizado, mayor es la cantidad de calor producido. La tasa de producción de calor metabólico se incrementa linealmente con la intensidad del esfuerzo y es la fuente de calor más importante del organismo durante el ejercicio físico. Diversos estudios indican que la producción de calor se puede elevar de 10 a 20 veces durante el esfuerzo físico, y en casos extremos puede llegar a 30 veces.

Esta producción de calor en exceso va incrementando la temperatura muscular del organismo y llega un punto a partir del cual se instaura la fatiga precozmente. Por lo tanto, para que el calor metabólico producido en exceso durante el esfuerzo no eleve la temperatura continuamente hasta alcanzar límites que incluso podrían amenazar la propia salud, se requiere eliminar el exceso de calor para poder mantener la temperatura nuclear por debajo de un determinado límite. Para eliminar su exceso de calor, el organismo cuenta con un sistema de refrigeración que alcanza su principal protagonismo durante el esfuerzo físico.

Según se va elevando la temperatura corporal durante el ejercicio, van llegando estímulos a los centros hipotalámicos que determinan la elevación de la temperatura sanguínea, y se va produciendo un aumento de la transpiración y del flujo sanguíneo a la piel. Este aumento de flujo sanguíneo a la piel, entra en conflicto con la necesidad que tienen los músculos en actividad de que les llegue la mayor cantidad posible de sangre, por lo que estos órganos se ven mermados en sus necesidades de un mayor flujo sanguíneo, sobre todo si el ejercicio se realiza en condiciones ambientales calurosas y con un alto grado de humedad.

La acumulación calórica tiene diferentes efectos físicos que finalmente llegan a perjudicar la capacidad de resistencia. (Zintl 1.991):

- Se produce una desviación de la sangre de la musculatura esquelética en funcionamiento hacia la piel. El calor del interior del cuerpo se ha transportar allí para desviarlo al entorno. El volumen cardíaco (cantidad de sangre movilizada por el corazón en un minuto) puede incrementarse por ello hasta un 15 %. Este incremento en individuos no entrenados se hará fundamentalmente aumentando el número de pulsaciones por minuto. A pesar de ello se empeora la oxigenación de la musculatura esquelética.
- Las paredes venosas adquieren mayor elasticidad a causa del calor, lo que dificulta el retorno sanguíneo hacia el corazón.
- Debido a la necesidad mayor de desviar el calor, se establece una hiperventilación (incremento excesivo de la respiración) lo que

significa una mayor eliminación de dióxido de carbono. Ello tiene un efecto sobre la concentración ácido-básica de la sangre (alcalosis respiratoria) de forma que resulta una mayor disposición a situaciones espasmódicas del músculo.

- La mayor irradiación calórica sólo se puede mantener a través de evaporación del sudor (además de la irradiación, conducción y convección) lo que requiere una mayor producción de sudor.

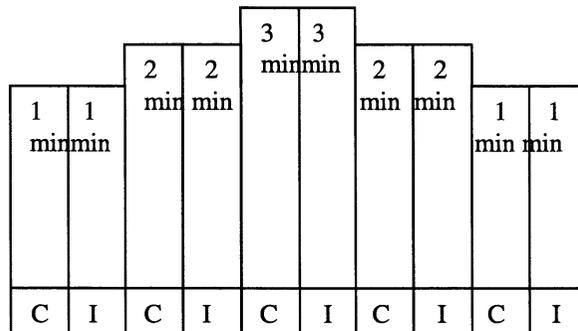
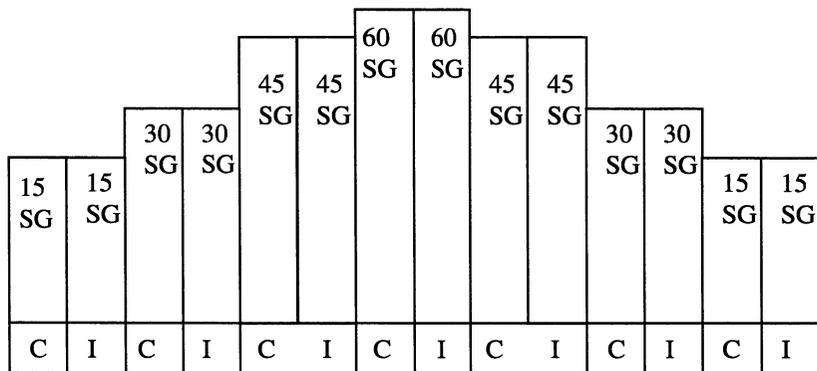
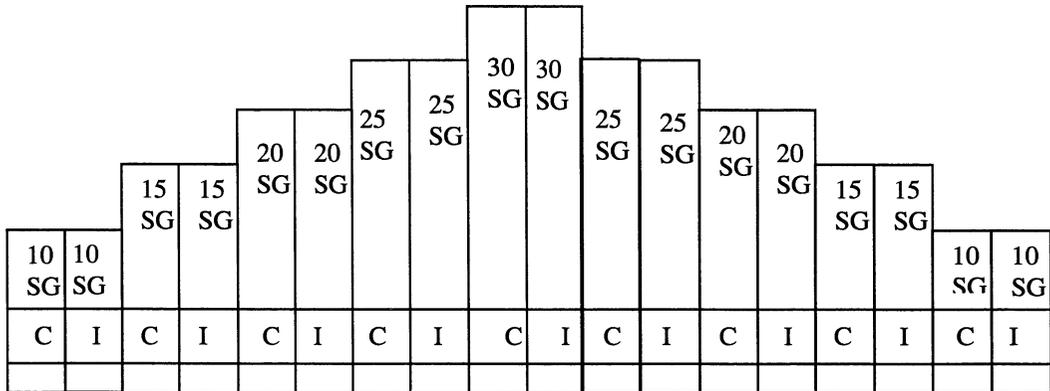


Fig 6. Ejemplos de programas complementarios de duración de la carga en carrera continua. (Zintl, F. (1991). Entrenamiento Resistencia pp 132-133, Martínez Roca. Barcelona

C= Carga

I= Intervalo

- Fc durante la carga = Aconsejada según el método Fc máx o de Karvonen
- Fc final del descanso = 30/40 pul/min inferior a la que se tiene durante la carga.

Por lo tanto en situaciones de calor es aconsejable llevar ropa ligera y de color claro y a ser posible, y sobre todo con individuos no entrenados, evitar los ejercicios de larga duración.

En definitiva en los programas de mantenimiento o bien recuperación de la salud y mejora de la forma física el tiempo ideal, para los sujetos que realizan trote y carrera suave, está entre 20 y 60 minutos, aunque períodos cortos de entre 5 y 10 minutos pueden ser suficientes, como ya se ha mencionado, para individuos sedentarios que inician un programa de ejercicios. En principio se trata de facilitar la carga continua, de la duración total, inicialmente mediante descansos de forma interválica, reduciendo paulatinamente los tiempos y la frecuencia de las pausas.

Un entrenamiento de estas características provoca una serie de efectos beneficiosos sobre el organismo, entre otros:

- Ampliación del metabolismo aeróbico implicando una mejora de la oxidación de las grasas.
- Economización del trabajo cardíaco (disminución de la frecuencia cardíaca tanto durante el esfuerzo como en el reposo) por un incremento del volumen sistólico
- Mejora de la circulación periférica.

- Incremento de la capilarización muscular.

*Frecuencia de la ejercitación.* La frecuencia recomendada para un sujeto adulto normal es de tres sesiones semanales. Esta frecuencia es óptima en el período inicial de un programa de ejercicios aeróbicos, ya que permite suficiente reposo para la recuperación musculoesquelética entre las sesiones.

*Comienzo de la ejercitación.* Cuando se inicia un programa de ejercicios de forma continuada, es recomendable que al principio se realice de manera suave, para que la transición del sedentarismo a la actividad se desarrolle gradualmente. La fase inicial suele abarcar de la primera a la quinta semana, comenzando con sesiones con una duración total de 15 a 20 minutos, realizadas dos o tres veces en semana y con una intensidad suave (50- 60 % de la FC máx o de la FCR).

Si el ejercicio elegido para mejorar la resistencia aeróbica es la carrera, se aconseja comenzar caminando o bien alternando trote suave y marcha.

Progresivamente y de acuerdo con las mejoras que se vayan alcanzando se va incrementando la duración de la ejercitación, la intensidad y la frecuencia de las sesiones.

*Estructuración de la sesión de ejercicios.* Una sesión de ejercitación o de entrenamiento consta de tres apartados: el calentamiento o preparación psicológica y orgánica para el esfuerzo, la fase propia del esfuerzo o motivo de la ejercitación y la fase de recuperación o vuelta a la calma.

El calentamiento tiene como objetivo preparar al organismo para los ejercicios que se van a realizar, pasando gradualmente del reposo a la actividad. Con el calentamiento: se elimina

la rigidez muscular del reposo, se mejora el juego articular, se incrementa progresivamente el funcionamiento de los aparatos cardiovascular y respiratorio, se incrementa el flujo de la sangre a los músculos que van a ser involucrados, etc.

El calentamiento suele tener una duración entre 5 y 10 minutos.

Finalizado el calentamiento se inicia lentamente la fase de esfuerzo de la ejercitación elegida, la cual se realizará con la duración e intensidad prescritas.

Es importante observar que la frecuencia cardíaca se mantenga entre los límites y que no se eleve por encima, y se mantenga, del umbral máximo. Determinados individuos, faltos de forma física, o por otros motivos, requieren mayor atención en el control de la frecuencia cardíaca ya que, aunque la intensidad elegida sea suave, son incapaces de mantener estable su frecuencia cardíaca, tendiendo ésta a irse elevando progresivamente. Así mismo, se deben tener en cuenta factores que pueden influir en la aceleración de la frecuencia cardíaca: viento en contra, desniveles en el terreno, obstáculos, arena blanda, calor o frío, humedad, altitud, ropa gruesa, etc.

La fase de recuperación es una fase de reducción progresiva del ejercicio, tiene una duración de 5/10 minutos.

***Normas generales a tener en cuenta en los programas de ejercicio físico orientados a mejorar la resistencia aeróbica en sujetos sedentarios:***

1°.- Que previo al inicio de un programa de ejercitación de mantenimiento o bien de recuperación de la salud y mejora de la forma física, sería aconsejable pasar un

cuestionario sobre antecedentes, hábitos de ejercicio y de salud.

2°.- Que dado que no es posible pasar una prueba de esfuerzo en un laboratorio por los cuantiosos gastos que esto supone, si es aconsejable que los sujetos se sometan a unos sencillos tests para valorar sus niveles de condición física y descartar posibles anomalías que aconsejen un tipo de ejercitación especial.

3°.- Que el hecho de que un grupo de sujetos realice el mismo tipo de ejercicio y este sea catalogado como ligero/moderado no supone que esto sea realmente así. Ello significa que intensidades que supongan ejercicios moderados de resistencia (ejercicios de características aeróbicas) para unos, sean ejercitaciones intensas para otros.

4°.-Que en los comienzos de un programa de ejercicios es aconsejable habituarse a la toma y control de la frecuencia cardíaca. Esto permite comprobar los niveles de intensidad que cada sujeto está realizando a partir de las cifras que arrojan sus pulsaciones.

5°.- Que en los programas con objeto de mejorar la resistencia aeróbica se recomienda comenzar por períodos cortos de estancia en esfuerzo.

6°.- Que la intensidad del esfuerzo que un individuo está realizando durante un entrenamiento en este caso de resistencia, no la expresa la velocidad (Kms/h), si no la frecuencia cardíaca a la que se encuentra.

7°.- Que en el caso de que los entrenamientos se iniciaran con otros sujetos es aconsejable que estos sean de similares niveles de condición física.

## Referencias Bibliográficas

- AINSWORTH, B.E., HASKELL, W., LEON A.S., JACOBS, D.R., (1.993) Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. Med. Sci. Sports Exerc. Vol 25. Nº 1 pp 71-80.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (1.975). Guidelines for Exercise Stress Testing. Philadelphia. Lea and Febiger.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (1.980). Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription. pp 36-37. Philadelphia. Lea and Febiger.
- ASTRAND, P., (1.960). Aerobic Work Capacity in Men and Women with Special Reference to Age. Acta Physiol. Scand 49. Supp 169
- ASTRAND, P., RODAHL, K., (1.985). Fisiología del trabajo físico. Bases fisiológicas del ejercicio. Buenos Aires. Médica Paramericana.
- BARBANY, J.R. (1.990) Fundamentos de fisiología del ejercicio y del entrenamiento. Barcelona. Barcanova.
- BLAIR, S.N., KOHL, H.W., PAFFENBARGER, R. S., et al (1.989). Physical fitness to al cause mortality. JAMA, 262. pp 2395-2401
- BORMS, J (1.995). El ejercicio, la salud, la condición física y las personas de edad en El Deporte hacia el siglo XXI. Málaga. Unisport.
- BOUREY, R. E., SANTORO, S. A, (1.988). Interactions of exercise, coagulations, platelets and fibrinolysis-a brief review. Med. Sci. Sports. Exerc. 20(5) pp 439-446.
- BOWERS, R., FOX, E.L., (1.995) Fisiología del Deporte. Buenos Aires. Médica Panamericana.
- CASPERSEN, CJ (1.984). Physical Activity exercise and physical fitness: definition and distinction for health-related vesearch. Abstract del “workshop” en Aspectos de Salud Pública y Epidemiología de la actividad física y el Ejercicio. Centers for Disease control.
- CORDOVA, A, et al. (1.996). Compendio de Fisiología para Ciencias de la Salud. Madrid. Interamericana-McGraw Hill.
- ESPERANZA ROS, F. (1.993). Manual de cineantropometría. Murcia. Grupo Español de Cineantropometría. (GREC).
- FOX, E., MATHEWS, D., (1.984). Bases physiologiques de l’activité physique. París. Vigot.
- FOX, E.F: (1.984). Physiology of exercise and physical fitness. En Strauss R.: Sports medicine pp 381-456. Philadelphia ILL Wb saunder company.
- HEYWARD, V. H. (1.996). Evaluación y prescripción del ejercicio físico. Barcelona. Paidotribo.
- JACOBS, D., AINSWORTH, B.E., HARTMAN, T.J, (1.993). A Simultaneous evaluation of 10 commonly used physical activity questionnaires. Med. Sci. Sport Exerc. Vol 25 nº 1 pp 81-91
- LAMB. D., (1.985). Fisiología del ejercicio. Respuestas y adaptaciones. Madrid. Augusto Pila Teleña.
- LÓPEZ CHICHARRO, J., LEGIDO ARCE, J (1.991). Umbral aneróbico. Bases Fisiológicas y Aplicación. Madrid. Interamericana. McGraw-Hill.
- MARCOS BECERRO, J.F. (1.992). Actividad Física y Salud en GONZALEZ GALLEG0, J. Fisiología de la Actividad Física y del Deporte. Madrid. Interamericana. McGraw-Hill.
- MARTIN, D., COE.P. (1.994). Entrenamiento para corredores de fondo y medio fondo. Barcelona. Paidotribo.
- McARDLE, W., KATCH, F., KATCH, V., (1.986). Fisiología del ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano. Madrid. Alianza Deporte.
- MELLEROWIEZ, H. (1.978). Ergometría. Buenos Aires. Médica . Paramericana.

- MONOD, H., FLANDROIS, R. (1.986). Manual de fisiología del deporte. Barcelona. Masson.
- MORA VICENTE, J. (1.987). Condición física. Málaga. Unisport Andalucía.
- MORA VICENTE, J.(1.987). Condición física para adultos. Programas de ejercicios. Ed. Diputación de Cádiz y Consejería de Cultura, J.A.
- MORA VICENTE, J. (1992). El esfuerzo como medio para mejorar la salud en: MARCOS BECERRO, JF.; MORA VICENTE, J. Medicina del Deporte. Guía práctica. pp 108-116. Madrid. Comité Olímpico Español.
- MORA VICENTE, J. (1992). Programas de ejercicio para mejorar la salud en: MARCOS BECERRO, JF.; MORA VICENTE, J. Medicina del Deporte. Guía práctica. pp 118-128. Madrid. Comité Olímpico Español.
- NEUMAN, G.(1.988). Special performance capacity en DIRIX, A., KNUTTGEN, H.G., TITTEL, K.. The Olympic Book of Sports Medicine. Vol 1 pp 97-108. Oxford. Blackwell Scientific Publications.
- ORTEGA, R (1.992). Medicina del ejercicio físico y del deporte para la atención a la salud. Madrid. Díaz de Santos.
- PAFFENBARGER, R., BLAIR, S.N., LEE, I. M., HYDE R.T (1.993). Measurement of physical activity to assess health effects in free-living populations. Med. Sci. Sports Exerc . Vol 25, nº 1 pp 60-70
- PAFFENBARGER, R.S., HYDE, R.T.; WING, A.L., et al (1.986). Physical activity, al-cause mortality, and longevity of college alumni. N. Engl. J. Med. 314. pp. 605-613
- PÉRONET, F (1.991). Le marathon. París. Vigot.
- POLLOCK, M.; WILMORE, J.H., (1990). Exercise in health and disease: Evaluation and prescription for prevention and rehabilitation. Philadelphia. WB Saunders CO.
- SALTIN, B., (1.989). Capacidad aeróbica y anaeróbica ( 2ª parte) Rev. Entrenamiento Deportivo Vol. 3. Nº 3. pp 2-9.
- SHEPHARD, R., ASTRAND, P.O., (1.996). La resistencia en el deporte. Barcelona. Paidotribo.
- WASSERMAAN, M.D. et al (1.994). Principles of exercise testing and interpretation. Philadelphia. Lea-febiger.
- ZINTL, F., (1.991). Entrenamiento de la resistencia. Barcelona. Martínez. Roca.

*Abreviaturas y títulos completos de revistas científicas.*

JAMA : Journal of the American Medical Association.  
Med.Sci.Sports Exerc.: Medicine and Science in Sports and Exercise.  
Acta Physiol.Scand.: Acta Physiologica Scandinavica.