

PLANES DE ACTIVIDAD FÍSICA  
ORIENTACIONES BÁSICAS PARA PROGRAMAS DE ACTIVIDAD  
EN FÍSICA DE PERSONAS ADULTAS APARENTEMENTE SANAS

Elementos Constitutivos de la Motricidad IV

Apuntes de Clase

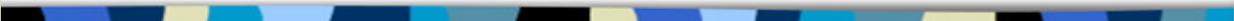
Por:

Gustavo Ramón S.\*

\* Doctor en *Nuevas Perspectivas en la Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* (Universidad de Granada).

Docente - Investigador del Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia (Colombia).

Correo: gusramon2000@yahoo.es

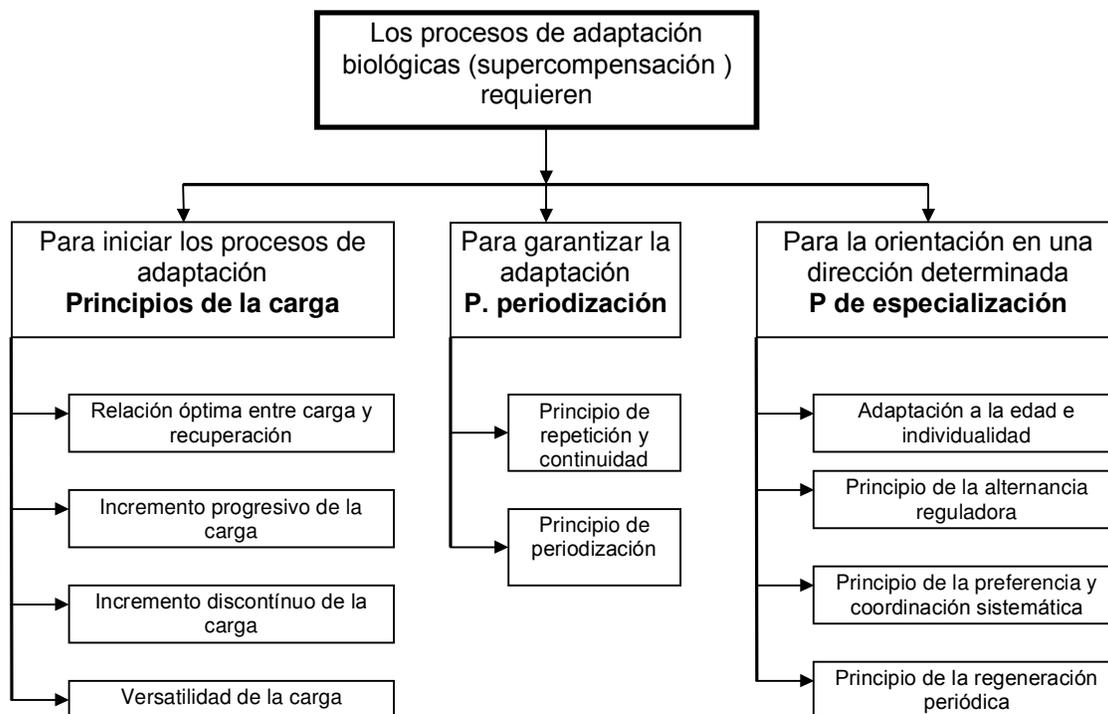


## ORIENTACIONES BÁSICAS PARA PROGRAMAS DE ACTIVIDAD FÍSICA DE PERSONAS ADULTAS APARENTEMENTE SANAS

En el ámbito de la actividad física para la salud, que es de carácter lúdico y recreativo, no se busca el máximo rendimiento ni el máximo desarrollo de las capacidades físicas. Se pretende que la persona adquiera hábitos de vida y de actividad física saludables. Por esta razón, el director de este tipo de programas debe tener un conocimiento preciso de las maneras de desarrollar la condición física sin sobrepasar los límites.

Los principios que rigen el entrenamiento físico están sometidos a las regularidades de los fenómenos de adaptación biológica. Mediante estos principios se deben ordenar sistemáticamente los pasos y las fases de adaptación del organismo al ejercicio físico y con base en ellas mismas, se determinará el proceso de seguimiento y control.

### PRINCIPIOS DEL ENTRENAMIENTO:



A. Principios de la carga.

1. Principio de la relación óptima entre carga y recuperación.

El gasto energético ocasionado por la actividad física debe ser recuperado en el transcurso del tiempo. Cuando el cuerpo es sometido a esfuerzos físicos, los sistemas energéticos deben iniciar el aporte de la energía necesaria, pero una vez suspendida la actividad, el mismo sistema recupera la energía consumida para equilibrar todas las reacciones bioquímicas. Para el caso del sistema aerobio, la potencia es baja porque la energía debe llegar por el ciclo de Krebs, de manera que trabaja eficiente a intensidades bajas de ejercicio, pero a medida que se incrementa la intensidad, el suministro de ejercicio puede derivarse al sistema glucolítico, el cual tiene una alta potencia pero acumula ácido láctico que, de mantenerse la intensidad, produce una acidosis metabólica que deteriora el rendimiento físico, llegando a la fatiga e interrupción de la actividad. Si se desea continuar con la actividad, se debe permitir que los sistemas de suministro de energía se recuperen y para ello se debe dar un período de tiempo acorde con la intensidad.

La adaptación fisiológica del organismo depende de la intensidad y el volumen de las cargas aplicadas. Las cargas de alta intensidad (que generalmente desarrolla el sistema glucolítico láctico o el alactácido) requieren períodos de recuperación que oscilan entre 10 y 30 minutos (a mayor intensidad, mayor tiempo de recuperación). Por otra parte, cargas de mediana intensidad sin una recuperación completa se pueden convertir en cargas que desarrollan más el sistema anaeróbico. En general, las cargas de poca intensidad (30-50%  $VO_2$  max) requieren poco tiempo de recuperación (1-2 minutos).

En los principiantes, cargas de baja intensidad (como podría ser correr durante 5 minutos a 2m/s pueden no ser toleradas, de manera que se deben recurrir al entrenamiento intermitente, es decir, dando períodos de recuperación iguales a los de la carga (caminar 1 minuto, trotar 1 minuto).

En general, las cargas maximales requieren mayores períodos de recuperación. Cargas de baja intensidad pueden o no requerir periodos de recuperación. En el campo de la salud, el objetivo fundamental es el desarrollo del sistema aeróbico, con cargas de intensidad que oscilan entre el 40 y 80% de la frecuencia cardiaca de reserva, cargas que requieren desde 2 a 5 minutos de recuperación, en los casos de sujetos que ya han logrado un nivel básico de desarrollo, pero que pueden ser menores en cuanto el sujeto posea un menor nivel.

2. Principio de la repetición y la continuidad.

La repetición debe entenderse como el mantenimiento de la carga en un nivel determinado de intensidad durante el tiempo necesario hasta que ya no se rompa la homeostasis, pues llegados a este punto, significa que el cuerpo humano ya se ha adaptado a dicha carga.

Por otra parte, cuando los estímulos no se repiten de manera sistemática en el transcurso del tiempo, la consecuencia es que el organismo no produce adaptaciones que garanticen un mayor nivel de soportar la intensidad de la actividad física. Se ha demostrado que tres entrenamientos por semana producen buenos resultados de adaptación en los sujetos que se inician en la actividad física.

3. Principio del incremento discontinuo de la carga.

Para evitar la aparición consecuente de sobreentrenamiento en los participantes de un programa de actividad física, se ha de reducir drásticamente la carga después de una sesión de entrenamiento (competición) de un esfuerzo muy elevado. Este hecho permite la adaptación positiva del organismo a la carga.

4. Principio de la versatilidad de la carga.

Consiste en evitar la monotonía en la carga debida a su uniformidad . Se toma como máximo criterio no crear situaciones de entrenamiento uniforme y monótonas, sino todo lo contrario, ir variando siempre las cargas a partir de un determinado nivel de rendimiento.

La forma mas efectiva de lograrlo se consigue:

- variando las cargas (entre uniformes o continuas y discontinuas)
- variando los métodos (intervalos, continuo, circuitos, fartleck)

B. Principios de la periodización.

1. Principio del incremento progresivo de la carga.

Como quedó establecido en el principio anterior, el organismo se va adaptando progresivamente a la intensidad de las cargas, de manera que cuando se desea incrementar el desarrollo de las capacidades condicionales básicas, se debe de nuevo incrementar la intensidad de las mismas.

De cualquier manera, el incremento de las cargas no puede ser un proceso desorganizado ni dejado al libre albedrío de las personas. Se requiere de una programación minuciosa para no sobrecargar las posibilidades de las estructuras.

En general, no se deben realizar incrementos de carga mayores del 20% o 30% por año pero no se debe entender el incremento de una manera lineal, sino que en promedio, la tendencia debe ser al incremento. Puede ser que durante una semana las cargas se deban disminuir por la baja tolerancia del sujeto al plan. Una vez superados estos inconvenientes, la carga debe incrementar de nuevo. Fundamentalmente se han de soportar niveles "sanos" de cansancio, mas no llegar a niveles de agotamiento total.

Según Grosser (1985), el proceso de incremento de las cargas debe seguir el siguiente orden:

- a) aumento de la frecuencia de entrenamiento
- b) aumento del volumen
- c) aumento de la densidad del estímulo
- d) aumento de la intensidad del estímulo.

## 2. Principio de periodización

Si la carga no se reduce y el organismo entra en un estado de sobreentrenamiento, se producirá una disminución incontrolada del rendimiento. Se produce entonces un descontrol bioquímico en los procesos oxidativos que no permite la adaptación progresiva. Por lo tanto, el incremento de carga necesario para el desarrollo sistemático del rendimiento ha de ser seguido por una reducción temporal de la misma.

## C. Principios de la especialización.

### 1. Principios de la adaptación a la edad e individualidad del deportista.

Siempre se ha de tener en cuenta la edad y las posibilidades biológicas de cada persona, pues según la edad y las capacidades del individuo serán las respuestas adaptatorias a la actividad. Esto significa que:

- que las capacidades e intereses individuales de cada sujeto se deben conocer
- que no se puede trabajar en contra de estas capacidades e intereses
- que una especialización sólo tiene sentido en una base amplia de desarrollo de la capacidad física y de la coordinación.

### 2. Principio de la alternancia reguladora.

Este principio ha de atender a interrogantes como: ¿Cómo se ha de dirigir la actividad física para alcanzar o mantener un nivel óptimo y equilibrado de condición física?, ¿Cuáles son las relaciones entre el desarrollo de la fuerza, la resistencia y/o la flexibilidad?

Algunas soluciones empíricas han sido las siguientes:

- El desarrollo amplio de la resistencia aeróbica es la base para el desarrollo de la resistencia anaeróbica.
- El desarrollo simultáneo de la fuerza y la resistencia se deben desarrollar primero de forma separada y luego combinarlas posteriormente de acuerdo a los intereses o necesidades de la persona.
- El desarrollo de la fuerza como único objetivo presentan deterioro de la flexibilidad y la agilidad, por lo que se han de incrementar el trabajo de flexibilidad y agilidad simultáneamente.

### 3. Principio de la regeneración periódica.

Es el caso de los que desean máximo logros, durante un tiempo prolongado, como en el caso de los atletas de alto rendimiento. Entre el segundo y el sexto año de entrenamiento se presentan pequeños descensos del rendimiento (a veces pueden ser grandes) cuyas causas todavía se desconocen. Una solución a estos detrimentos del rendimiento es la introducción de una mayor tiempo de regeneración con base en entrenamiento de la resistencia básica aeróbica durante un periodo de 6 a 12 meses.

En general y a manera de resumen, los principios que determinan el desarrollo de la condición física con el objetivo fundamental de mejorar la salud radican en el principio de sobrecarga y el de especificidad. El principio de la sobrecarga consiste en el hecho de que, para que un órgano o tejido mejore su función, este debe ser sometido o expuesto a una carga a la cual normalmente no está acostumbrado. La repetida exposición está asociada con una adaptación por parte del tejido u órgano de manera que le permite mejorar su función. Para la determinación de la carga se debe tener en cuenta la intensidad, la duración y la frecuencia. La acción conjunta de estas tres variables es la que permite al órgano su adaptación. El principio de la especificidad radica en el hecho de que los efectos que se producen son específicos al tipo de ejercicio realizado y a los músculos que participen en dicho entrenamiento.

Los efectos derivados del entrenamiento han mostrado que los cambios son producidos tanto a nivel periférico (músculo, tendones, colágeno) como a nivel central (sinápsis, reclutamiento de unidades motoras). Se ha sugerido que aproximadamente la mitad del incremento del rendimiento de los miembros o músculos entrenados provienen de efectos centrales y que la mitad a efectos periféricos ((Thompson y col., 1981). Los beneficios sobre el sistema cardiovascular no sólo se logran con base en actividades donde predominan los miembros inferiores (correr, trotar) sino también con trabajo de predominancia de miembros superiores (ACSM, 2000). Se podría decir que un buen plan de actividad física debe desarrollar toda la musculatura de manera armónica.

## GENERALIDADES ACERCA DE LA PRESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA

La prescripción esta diseñada para aumentar la capacidad física, promover la salud por medio de la disminución o reducción de los riesgos para enfermedades crónicas (vgr. Presión arterial alta, intolerancia a la glucosa) y asegurar la efectividad durante la participación en el programa. Se debe tener presente que los beneficios serán relativos a cada uno de los participantes, puesto que cada uno de ellos tendrá intereses y niveles de salud-condición física diferentes.

Los componentes fundamentales a la hora de hacer un plan de prescripción de actividad física serán: el modo, la intensidad, la duración, la frecuencia y la progresión. Estos cinco parámetros se deberán tener en cuenta en todas las edades, razas, sexo, presencia o ausencia de riesgos.

- ✓ **El Modo de ejercitación.** La mayor cantidad de incremento del  $VO_{2\ max}$  ocurre cuando se emplean ejercicios que comprometen grandes grupos musculares durante el mayor tiempo posible. Estos ejercicios o actividades pueden ser rítmicas o aeróbicas (inclusive en la misma naturaleza) tales como caminar, trotar, nadar, montar en bicicleta, etc.

El Colegio Americano de Medicina Deportiva (CAMD) clasifica las actividades en tres grupos:

- Grupo 1.- Actividades que pueden ser realizadas fácilmente a una intensidad constante y en las cuales la variación individual del gasto energético es muy baja. A este grupo pertenecen el caminar libremente o sobre la banda sinfín, montar en bicicleta o en un cicloergómetro. Generalmente se usan en rehabilitación cardiaca, pero también se usan para los que se inician en programas de actividad física .
- Grupo 2.- Participación en la cuales el consumo de energía está relacionado con la habilidad del participante y pueden realizarse a una intensidad constante. Este tipo de participación pueden ser empleadas el acondicionamiento inicial pero como se dijo, dependen de la habilidad del participante. Se incluyen en este grupo la natación, el trote o el ciclismo.
- Grupo 3.- Participación en las cuales tanto la habilidad como la intensidad pueden ser altamente variables. Tales participaciones pueden ser muy útiles para favorecer la participación entre los participantes y generar una gran variedad de ejercicios, pero se debe ser muy cuidadoso con el alto riesgo de algunos ejercicios. En este grupo están la mayoría de los deportes, en los cuales su reglas deben ser variadas para permitir la mayor participación y evitar los riesgos de lesiones.

El riesgo de lesiones asociado con las denominadas actividades de alto impacto o actividades de entrenamiento de fuerza de alta intensidad debe ser considerado

cuando se trata de personas que se inician en un programa. Se debe educar a este tipo de personas para evitar las sobrecargas musculares o las lesiones. Por lo tanto, se debe iniciar con sobrecargas leves y progresivamente incrementarlas.

- ✓ **La intensidad del ejercicio.** El gasto calórico está determinado por la intensidad y la duración del ejercicio, variables que están inversamente relacionadas. Así, se pueden lograr similares adaptaciones en el sistema cardiorrespiratorio con ejercicios de baja intensidad-larga duración que con ejercicios de alta intensidad-corta duración. El riesgo ortopédico de esta última modalidad es mas alto que la primera.

- **RESISTENCIA AERÓBICA**

Para el CAMD, la intensidades recomendadas para el desarrollo de la capacidad aeróbica o resistencia aeróbica varían entre el 55 y el 65% hasta el 90% de la frecuencia cardiaca máxima o entre el 40-50% hasta el 85% del  $VO_2 \text{ max}$  . Los novatos se iniciarán con bajos porcentajes y los sujetos entrenados podrán realizar su actividad sobre los límites máximos. Estos rangos de intensidad han sido usados por cerca de 30 años y han mostrado ser efectivos en el mejoramiento del  $VO_2 \text{ max}$  tanto en participantes novatos como entrenados (Fox y col., 1972; Haskell y col., 1978; Hellerstein y col, 1978; Haskell y col., 1978; Hellerstein y col, 1978).

Los siguiente factores se deben tener en cuenta a la hora de determinar la intensidad del ejercicio:

- Nivel inicial de condición física: la intensidad para novatos es mas baja que para los entrenados
- Riesgos cardiovasculares y ortopédicos: sujetos con riesgos deben ser entrenados a mas baja intensidad
- Preferencias individuales
- Objetivos individuales de los participantes: si se quiere bajar de peso se deberán realizar actividades de baja intensidad y larga duración; si se quiere lograr un alto  $VO_2 \text{ max}$  se requieren medianas-altas intensidades y larga duración.

***Prescripción en METs.***

Un MET equivale a un consumo de 3.5 ml/kg/min de  $O_2$  y es la cantidad de oxígeno que un persona consume en reposo. Para la prescripción de la intensidad se toma el consumo de oxígeno de reserva y sobre él se calcula un porcentaje.

El consumo de oxígeno de reserva es igual al consumo de  $O_2$  máximo menos el consumo de  $O_2$  de reposo:

$$VO_2 \text{ Reserva} = VO_2 \text{ max} - VO_2 \text{ reposo}$$

Para una persona que posea un  $VO_2 \text{ max}$  de 17.5 ml/kg/min, su  $VO_2 \text{ reserva}$  es igual a  $17.5 - 3.5 = 14$  mL/kg/min. Si una persona posee los rangos anteriormente descritos, su  $VO_2 \text{ max}$  equivale a 5 MET ( $17.5 / 3.5 = 5$ ). Si deseamos que dicha persona trabaje al 40%, su intensidad en METs será la siguiente:

$$\text{Intensidad MET} = ((\text{intensidad del ejercicio}) * (\text{VO}_2 \text{ max} - \text{VO}_2 \text{ reposo}) + 3.5) / 3.5$$

$$\text{Intensidad MET} = ((0.40)(17.5 - 3.5) + 3.5) / 3.5 = ((0.40 * 14) + 3.5) / 3.5$$

$$\text{Intensidad MET} = 9.1 / 3.5 = 2.6$$

$$\text{Intensidad MET} = ((\text{intensidad del ejercicio}) * (\text{MET}_{\text{max}} - \text{MET}_{\text{reposo}})) + 1$$

$$\text{Intensidad MET} = (0.40 * (5 - 1)) + 1$$

$$\text{Intensidad MET} = (0.4 * 4) + 1$$

$$\text{Intensidad MET} = 1.6 + 1 = 2.6$$

Determinado el rango de MET se puede seleccionar de tablas las actividades que corresponden a dicha intensidad.

Las siguientes son limitaciones para este tipo de prescripción:

- ✓ El costo calórico de las actividades de los grupos 2 y 3 (citados en modo de ejercitación) son muy variables y dependen de la habilidad del participante o del nivel de competición.
- ✓ El costo calórico de actividades puede proveer un punto de partida para la prescripción del ejercicio de paciente con enfermedades cardiacas o respiratorias o para individuos con capacidades funcionales bajas, pero la carga debe ser calculada a partir de las respuestas fisiológicas, la percepción del ejercicio y de los signos o síntomas que presente.
- ✓ El costo calórico de una actividad no toma en cuenta los efectos medio-ambientales (calor, humedad, altitud, etc.). La habilidad de los sujetos para soportar las cargas de actividad física a un nivel dado de intensidad están directamente relacionadas con su respuesta de la frecuencia cardíaca o de la PEF.

### ***Método de la Frecuencia Cardíaca***

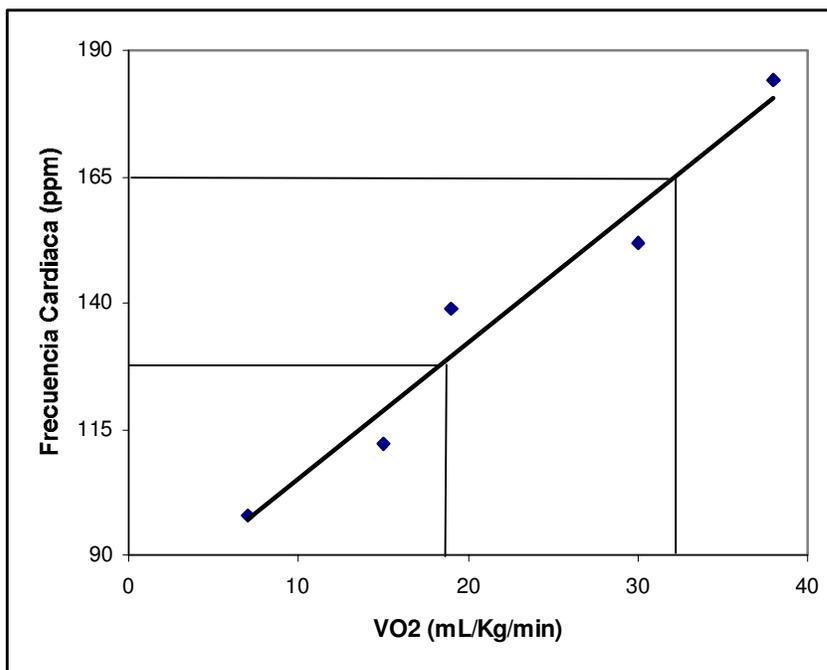
La frecuencia cardíaca es usada como una guía para determinar la intensidad del ejercicio debido a la relación casi lineal que presenta con el  $VO_2 \text{ max}$ . Es mejor determinar la frecuencia cardíaca máxima durante un ejercicio progresivo máximo siempre que sea posible. La fórmula de  $220 - \text{edad}$  tiene una desviación estándar de 10-12 ppm por lo que la hace muy inexacta.

La base para determinar intensidad de ejercicio con base en la frecuencia cardíaca es que se asume que el sujeto llegará a un punto en el cual la frecuencia

cardiaca se estabiliza (steady state) y por lo tanto su consumo de oxígeno será estable. Pero la realidad es que en los métodos discontinuos la frecuencia cardiaca varía mucho, manteniéndose por arriba o por debajo de la frecuencia cardiaca objetivo. Por lo tanto, el objetivo deberá ser mantener un promedio de frecuencia cardiaca lo mas cerca del punto medio prescrito.

Los siguientes son métodos empleados:

- **Método Directo:** se deriva de graficar la frecuencia cardiaca y el  $VO_2$  (Gráfico 1). Si se obtiene la percepción del esfuerzo físico (PEF) se puede incluir en dicho gráfico, lo cual ayuda a modular la intensidad del esfuerzo. Este método es adecuado para personas con algún tipo de alteración de la salud (trastornos cardiacos o respiratorios principalmente), o que tomen algún medicamento o tengan un bajo acondicionamiento físico. Este tipo de prescripción le permite determinar un rango apropiado para hacer seguimiento a la persona.



**Gráfico 1.** Gráfico de dispersión entre Consumo de Oxígeno (mL/Kg/min) y Frecuencia Cardiaca de una persona cuyo  $VO_{2 \max}$  fue de 38 mL/Kg/min y su  $FC_{\max}$ , 180 ppm. El 50% y 85% del  $VO_{2 \max}$  corresponden a 130 y 165 ppm, respectivamente, que será el rango de frecuencia cardiaca de entrenamiento.

- **Porcentaje de la Frecuencia Cardiaca Máxima (%FCM).** Es uno de los métodos mas antiguos y usados en la prescripción de la actividad física. Actualmente se usa el 70 y el 85% de la FCM del sujeto, rango que está correlacionado con el 50 y 75% del  $VO_{2 \max}$  (Londeree y col., 1976) y provee el estímulo necesario para mejorar el  $VO_{2 \max}$ .

- Método de la reserva cardiaca o Método de Karvonen. En este método, la frecuencia cardiaca de reposo (FCRep) se resta a la FCM para obtener la frecuencia cardiaca de reserva (FCRes). Se toma los porcentajes de 60 y 80%, equivalentes al porcentaje de intensidad, y se le suman a la FCRep. Por lo tanto, la FCRes 60% = ((FRM - Frep) x 0.60) + FCRep.

En el ejemplo del sujeto de la gráfica 1, su FCM = 180 ppm, su FCRep = 80 ppm. Su frecuencias al 60% y 80%, serán:

$$FC\ 60\% = ((180-80) \times 0.60) + 80 = (100 \times 0.60) + 80 = 60 + 80 = 140\ ppm$$

$$FC\ 80\% = ((180-80) \times 0.80) + 80 = (100 \times 0.80) + 80 = 80 + 80 = 160\ ppm$$

En éste método, el % de intensidad se acerca al % del  $VO_{2\ max}$ .

Las siguientes son recomendaciones para este método:

- Algunos sujetos prefieren ejercitarse a bajos niveles del rango de reserva pero realizan actividades por largo tiempo a esta frecuencia.
  - Debido a la especificidad del entrenamiento y al hecho de que FCM medida es diferente según el método de medición, la percepción del ejercicio individual podrá variar cuando se ejercite a la misma frecuencia cardiaca.
  - El error de estimación del  $VO_{2\ max}$  por este método puede oscilar entre  $\pm 6\% VO_{2\ max}$ .
  - Se debe tener especial consideración cuando se emplea la fórmula de 220 - edad (años) para calcular FCM pues sobrevalora la FCRes.
- Rango de Percepción del Esfuerzo Físico (RPEF). La escala de Borg o escala de PEF se presenta en la tabla 1.

**Tabla 1.** Escala de Borg o escala de Percepción del Esfuerzo Físico (PEF).

<i>Escala original</i>		<i>Escala Clínica (Adaptada)</i>	
Valor	Escala subjetiva	Valor	Escala subjetiva
6		0	Nada
7	Muy, muy suave	0.3	
8		0.5	Extremadamente suave
9	Muy suave	0.7	
10		1	Muy suave
11	Bastante suave	1.5	
12		2	Suave
13	Algo duro	2.5	
14		3	Moderado
15	Duro	4	
16		5	Fuerte
17	Muy duro	6	
18		7	Muy fuerte
19	Muy, muy duro	8	
20		9	
		10	Extremadamente fuerte

La PEF ha demostrado ser útil en la prescripción del ejercicio o actividad física quienes tienen dificultades en determinar su FC mediante el método palpatorio y en los casos en los cuales la frecuencia cardíaca ha sido alterada por la medicación. El rango de ejercitación en la escala original estriba entre 12 y 16 ("algo duro" y "duro"). En la tabla 2 se muestran correlaciones de la PEF con el % de FCM y % FCRes

Intensidad	Intensidad Relativa		
	% FCRes	% FCM	PEF
Muy suave	< 20	< 35	< 10
Ligero	20 - 39	35 - 54	10 - 11
Moderada	40 - 59	55 - 69	12 - 13
Duro	60 - 84	70 - 89	14 - 16
Muy duro	≥ 85	≥ 90	17 - 19
Máximo	100	100	20

Adaptada por Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD., *Med Sci Sports Exerc* 1998, 30 (6) : 975-991.

- FUERZA MUSCULAR

Las siguientes son pautas para su desarrollo (CAMD, 2000) mediante el método de pesos libres o de máquinas:

- ❖ El objetivo fundamental es desarrollar la fuerza de la mayoría de los grupos musculares. Por lo tanto, se debe diseñar una serie de 8 a 10 grupos musculares que impliquen los brazos, los hombros, el pecho, abdomen, espalda, caderas, muslo y pierna. Trabajos de más de una hora por sesión están asociados con altas deserciones.
  - ❖ Realizar un mínimo de una serie de 8 a 12 repeticiones con cada ejercicio, con un 20-30% de la fuerza máxima, para posteriormente, en el transcurso de 2-3 semanas incrementar hasta el 40-50% de 1RM.
  - ❖ La frecuencia inicial puede ser dos veces a la semana, para posteriormente aumentarla a tres veces por semana.
  - ❖ En primera instancia se debe insistir en la técnica de la realización de cada movimiento en particular.
  - ❖ Realizar todos los ejercicios en el rango completo de movimiento
  - ❖ Realizar tanto la fase concéntrica como la excéntrica de una manera controlada
  - ❖ Mantener un ritmo de respiración normal.
  - ❖ De ser posible, realizar ejercicios por parejas.
- ✓ **Duración del ejercicio.** La duración de una carga de ejercicio (o volumen de carga) de un plan de actividad física interactúa con la intensidad para garantizar un determinado gasto energético que logran las adaptaciones necesarias para lograr un cambio funcional del organismo, adaptaciones que a su vez son las bases del mejoramiento de la salud.

Los rangos varían desde 20 a 60 minutos. Se deben tener siempre presente que la duración y la intensidad guardan una relación inversa. Cuando el ejercicio tiene una alta intensidad, la duración no debe sobrepasar los cinco minutos pero cuando la intensidad es baja, el volumen puede llegar al máximo (60 minutos).

Planes de actividad física con una intensidad entre 70 al 85% de la FCM o entre 60 y 80% de la FCRes, con una duración entre 20 y 30 minutos (excluyendo el calentamiento y la vuelta a la calma) pueden garantizar (Pollock y col., 1998), en la mayoría de los sujetos, la consecución de los objetivos para el mejoramiento de la salud.

Para las personas que se inician, el volumen inicial puede ser 7-6 series con una duración de 4 a 5 minutos (en total 30 minutos) con intensidades bajas (50%FCM o 50% FCRes). La duración de cada carga puede incrementarse progresivamente hasta obtener los 30 minutos continuos.

- ✓ **Frecuencia del ejercicio.** Aunque las personas desacondicionadas pueden mejorar su capacidad cardiorrespiratoria con solamente dos sesiones por semana, la frecuencia óptima está en tres a cinco veces por semana. Para aquellas personas que se entrenan entre el 60 y 80% FCRes o entre el 70 y 85% FCM, tres días por semana es suficiente (ACSM, 2000). Personas con mas bajos niveles de intensidad, una frecuencia mayor de 3 veces por semana puede ser suficiente para lograr sus objetivos.

Personas con muy bajo nivel de acondicionamiento (menor o igual a 3 METs) pueden incrementar la frecuencia, llegando incluso a realizar múltiples actividades cortas en el día; para personas entre 3-5 METs, con dos sesiones diarias puede ser óptimo; personas entre 5 y 8 METs, la frecuencia puede ser de 5 veces por semana.

La determinación de la frecuencia depende entonces de las limitaciones del participante, del estilo de vida o de los objetivos a conseguir.

## **GASTO ENERGÉTICO.**

La interacción de la frecuencia, la intensidad y el volumen de las cargas determinan el gasto energético de la actividad. Aunque mucho se ha escrito sobre los gastos mínimos y máximos de energía para la consecución de objetivos específicos en el campo de la salud, como se planteado anteriormente, todo depende de las condiciones de cada persona en el momento de iniciar el plan.

Un gasto energético entre 150 y 400 kcal por día o sesión de actividad física determinan un gasto calórico de entre 450 o 1200 kcal/sem. Las personas que se inician podrán hacerlo con los rangos mas bajos pero luego estas personas deberán ser estimuladas para incrementar el gasto hasta el límite de 400 cal/ses, 1000 cal/sem,

como uno de los límites óptimos para obtener mejoras significativas en su acondicionamiento físico.

La estimación de dicho gasto calórico es uno de los problemas para los profesionales de la actividad física. De hecho, la prescripción de actividad física basado en el gasto calórico aún no ha logrado el rótulo de "ciencia exacta". La interacción entre las diferencias individuales en coordinación, habilidad y economía de esfuerzo, influyen fuertemente la estimación calórica de las actividades. Un método útil para el cálculo del gasto calórico, basado en la intensidad METs es el siguiente (CAMD, 2000):

$$(\text{METs} \times 3.5 \times \text{masa corporal (kg)}) / 200 = \text{kcal} / \text{min.}$$

$$\text{VO}_2 (\text{ml/kg/min.}) * \text{masa corporal (kg)} / 200 = \text{kcal} / \text{min.}$$

$$\text{VO}_2 (\text{Lt/min}) * 6 = \text{kcal} / \text{min}$$

Veamos un ejemplo. Una persona de 80 kg, al cual se le han prescrito actividades de 7 METs de intensidad y con un objetivo de 1000 kcal de gasto calórico a la semana, ¿cuántos minutos de actividad realiza por semana? ¿cuántos minutos por sesión?

A los seis METs de intensidad se le resta 1MET de la actividad de reposo, por lo tanto, la intensidad del ejercicio es de 6 MET. El gasto calórico será:

$$G^{\circ} = (5 \text{ METs} \times 3.5 * 80 \text{ kg}) / 200 = 8.4 \text{ kcal/min}$$

Dado que son 1000 kcal a la semana, el número de minutos/semana será:

$$\text{Total \# min} = 1000 \text{ kcal} / (8.4 \text{ Kcal} / \text{min}) = 119 \text{ minutos}$$

Si la persona desea realizar actividades tres veces semana, el número de minutos por sesión será:

$$\# \text{ min} / \text{sesión} = 119 / 3 = 40 \text{ minutos.}$$

### ***COMPONENTES DE UNA SESIÓN DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO***

Una sesión de acondicionamiento se compone de las siguientes fases:

- Calentamiento
- Fase central
- Actividades recreativas
- Vuelta a la calma

Mientras el plan de acondicionamiento debe ser realizado entre 3 a 5 días/semana, (aunque no se ha encontrado que un número mayor de 3 veces por semana produzca mayores y mejores efectos que 5), el entrenamiento de la flexibilidad y resistencia podrán ser realizados a una frecuencia de 2 a 3 veces por semana. El entrenamiento de la flexibilidad puede ser incluido como una parte del calentamiento o de la vuelta a la calma o como una parte central de la sesión. El entrenamiento de la resistencia se

realiza a menudo en días alternos, facilitando los procesos de recuperación aunque se pueden realizar sesiones de entrenamiento de fuerza en los mismos días.

#### ❖ El Calentamiento

El calentamiento es la fase de transición entre el reposo y la actividad física de moderada intensidad. Las funciones del mismo son: facilitar la transición mediante un incremento progresivo de la temperatura corporal, alargar los músculos posturales, aumentar el flujo de sangre a los tejidos que se trabajarán en la parte central y aumentar el metabolismo basal.

Un buen calentamiento puede reducir la susceptibilidad a daños músculo-esqueléticos por incremento de la extensibilidad (elasticidad) del tejido, mejorando el rango de movimiento y su función (Pollock y col., 1998). Un calentamiento puede prevenir una depresión del segmento ST en coronariopatías (Barnard, 1973 y Barnard, 1973), amenaza de arritmias ventriculares así como disfunciones ventriculares izquierdas seguidas al ejercicio súbito.

La sesión de actividad física debe iniciar con 5 a 10 minutos de ejercicios de baja intensidad seguidos de 5 a 10 minutos de actividades aeróbicas de manera que se alcance la frecuencia cardíaca mínima de la fase central. Por ejemplo, los participantes que deban realizar caminatas ligeras y enérgicas durante la fase central, podrán realizar como calentamiento una caminata lenta. De manera similar, quienes en la fase central tengan como objetivo trotar moderada o suavemente, su calentamiento podrá consistir en caminata enérgica (1.5-2.0 m/s).

Los ejercicios deberán abarcar el mayor número de grupos musculares con el objeto de evitar las reacciones hipertensivas a ejercicios de carácter localizado, tales como la gimnasia tradicional de mover solo la cabeza o los brazos. Este tipo de ejercicios se deben realizar durante la marcha o combinados con movimientos de miembros inferiores.

Los ejercicios de estiramiento deberán comprender grandes grupos musculares usando técnicas estáticas o de FNP.

#### ❖ Fase de central

La fase central es el período en el cual se desarrollan las capacidades físicas como la resistencia o la fuerza. Puede variar desde 20 a 60 minutos.

La resistencia encaminada al desarrollo de la capacidad cardiorrespiratoria puede variar entre 20-60 minutos de actividad física continua o intermitente. La duración dependerá de la intensidad. Así, cuando las cargas sean intensas, la fase puede durar entre unos 10-20 minutos; mientras que actividades moderadas pueden durar entre 20 y 40 minutos; cargas de poca intensidad pueden durar 40-60 minutos.

Los ejercicios más efectivos son aquellos que emplean el mayor número de grupos musculares en actividades de carácter rítmico o dinámico.

La frecuencia cardiaca debe llegar hasta el 60% del  $VO_2 \text{ max}$  y no sobrepasar el 80% , en la mayoría de las personas cuyos objetivos sean los de lograr y mantener un buen estado de salud. En los sujetos desentrenados, los porcentajes a los cuales se inician deberán ser mas bajos para posteriormente incrementarlos. Este tipo de sujetos logran incrementos mas rápidamente que los entrenados. Estos por el contrario, requieren mayores porcentajes de intensidad y el incremento en la capacidad aeróbica es mas lento.

❖ Actividades recreativas

La inclusión de actividades recreativas tiene como objetivo aumentar la adherencia de los participantes al programa. Para ello, las reglas de la mayoría de los juegos deportivos deben ser cambiadas, disminuyendo la competitividad y la intensidad. En este orden de ideas, se debe propender por la participación mayoritaria de los participantes en el juego; el hecho de perder o ganar debe pasar a terceros lugares. De la misma manera que se controla la frecuencia cardiaca o la PEF en la fase inicial y central, en este tipo de actividades también se debe hacer.

❖ Vuelta a la calma

Como su nombre lo indica, consiste en retornar las variables fisiológicas como el consumo energético, la frecuencia cardiaca, el flujo sanguíneo a las condiciones en las cuales se inició la actividad. En esencia, se debe favorecer el retorno venoso para que se elimine mas fácilmente el lactato acumulado en la sesión, que la presión sanguínea vuelva a la normalidad, que se disipe el calor producido y que se metabolicen las catecolaminas plasmáticas. De 61 pacientes cardíacos analizados por Haskell (1978), el 72% presentaron complicaciones en la fase de calentamiento o en la vuelta a la calma.

En esta fase se deben incluir ejercicios de baja intensidad tales como caminar o trotar muy lento hasta que las pulsaciones lleguen a estar entre 80 y 100 ppm. Se pueden realizar luego ejercicios de flexibilidad o estiramiento, así como ejercicios de tai chi, relajación, etc.

## PLANIFICACIÓN DE UN PROGRAMA DE ACTIVIDAD FÍSICA.

Un programa de actividad física a mediano y largo plazo consta de tres fases: inicial, mejoramiento y mantenimiento. En la tabla 3 se muestra un ejemplo de una programación que incluye estas tres fases.

- ***Fase inicial:*** La fase inicial debe incluir ejercicios básicos de fuerza con bajos porcentajes de intensidad, acompañados de actividades aeróbicas de moderada intensidad (40 - 50% de FCRes), programa que evitará el dolor muscular postejercicio, las lesiones o el malestar. El objetivo fundamental es evitar que la

persona se retire del programa por lo que el programa deberá ser atractivo y evitar al máximo las molestias ocasionadas por la adaptación.

La duración de 4 semanas puede variar con el grado de tolerancia o adaptación de la persona. La duración de cada sesión puede incrementarse desde 15 minutos hasta 30 minutos al final de la cuarta semana. La frecuencia de actividad por semana deberá oscilar entre 3 a 4, dados los bajos niveles de intensidad.

**Tabla 3.** Ejemplo de una programación a mediano plazo para una persona que se inicia en la actividad física sistemática.

FASES	Semana	Frecuencia Veces / semana	Intensidad % FCRes	Duración (min)
Inicial	1	3	40 - 50	15 - 20
	2	3 - 4	40 - 50	20 - 25
	3	3 - 4	50 - 60	25 - 30
	4	3 - 4	50 - 60	25 - 30
Mejoramiento	5 - 7	3 - 4	60 - 70	25 - 30
	8 - 10	3 - 4	60 - 70	30 - 35
	11 - 13	3 - 4	65 - 75	30 - 35
	14 -16	3 - 4	65 - 75	30 - 35
	17 - 20	3 - 5	70 - 85	35 -40
	21 - 24	3 - 5	70 - 85	35 -40
Mantenimiento	24 +	3 - 5	70 - 85	30 - 45

- **Fase de mejoramiento:** El objetivo es incrementar progresivamente el volumen y la intensidad de la actividad, de manera que al inicio, la intensidad puede ser de 60% FCRes con 30 min/ses, para llegar al final de la 24 semana a los rangos de 85% FCRes de intensidad y 40 min/ses. La intensidad se puede incrementar cada dos o tres semanas. En última instancia se puede incrementar la frecuencia por semana, pues estudios actuales (ACSM, 2000) muestran que rangos de 85% FCRes de intensidad y 40 min/ses con tres veces/sem muestran mejoramiento iguales que con frecuencias de cinco veces/sem.
- **Fase de mantenimiento:** El objetivo, como su nombre lo indica, es que la persona no disminuya los niveles de acondicionamiento que logró en la fase previa. Esta fase inicia, por lo regular, luego de un período de 5 a 6 meses de actividad sistemática. Aunque puede ser que el sujeto no esté interesado en incrementar los niveles de acondicionamiento alcanzados, incrementar estos niveles requiere incremento en los niveles de carga, niveles que pueden aumentar el riesgo de lesiones osteotendinosas o musculares. Estos riesgos no se equiparan a los escasos niveles de incremento que se pueden lograr con planes mas intensos. Por lo tanto, llegados a esta etapa, los objetivos deben ser reevaluados. Las posibilidades son muy amplias: desde actividades recreativas hasta competitivas.

## MANTENIMIENTO DEL EFECTO DE ENTRENAMIENTO

Se observa una significativa reducción en el desarrollo cardiorrespiratorio luego de dos semanas de inactividad (Coyle, 1984). Durante el período de inactividad, los niveles de mejora en el  $VO_2 \text{ max}$  disminuirán de manera progresiva de tal modo que luego de 4-12 semanas se pierde la mitad de resultados obtenidos (Fringier y col., 1974; Kendrick y col., 1971).

El mantenimiento de los efectos del entrenamiento tiene una relación directa con la duración del entrenamiento pero puede ser modulado por el nivel de desarrollo, edad o prácticas específicas de acondicionamiento.

Una serie de estudios (Hickson y col., 1981, 1982, 1985) han analizado el efecto relativo que tiene la disminución tanto de la intensidad, la duración o la frecuencia sobre el mantenimiento del  $VO_2 \text{ max}$  durante un período reducido de entrenamiento. Todos los tres estudiaron grupos de hombres y mujeres quienes se entrenaron 6 días/sem, durante 10 semanas, con 40 min/sesión de entrenamiento a una intensidad moderada. Luego se sometieron durante 15 semanas, a una reducción de dos tercios en la frecuencia, duración o intensidad del entrenamiento. Solamente cuando la intensidad del entrenamiento fue reducida se presentó una disminución significativa en el  $VO_2 \text{ max}$ ; mas aún, muchas de las reducciones ocurrieron en las primeras cinco semanas de reducción del entrenamiento (Hickson, 1985). En contraste, la disminución de la frecuencia o de la duración del entrenamiento tuvo baja influencia sobre el acondicionamiento logrado previamente, cuando la intensidad fue preservada. Similarmente, entrenamiento de solo caminata, en pacientes cardíacos quienes habían estado trotando dieron como resultado un rápido desacondicionamiento, a pesar que la frecuencia y la duración fue mantenida (Dressendorfer y col., 1997).

Estudios relacionados con la fuerza, analizando específicamente los efectos que produce el mantener un plan de acondicionamiento con tan solo un entrenamiento a la semana y una sesión cada dos-cuatro semanas, pero manteniendo constantes las cargas movilizadas, mostraron que la frecuencia o la duración no afectan los logros siempre y cuando se mantenga la intensidad (Graves y col., 1988; Tucci y col., 1993).

## CALCULOS METABÓLICOS

Un aspecto fundamental de las pruebas y de la prescripción del ejercicio físico es la habilidad para medir o estimar el gasto de energía durante el ejercicio. A causa del ejercicio, así como a todos los eventos metabólicos, se produce calor, siendo la rata de calor producido directamente proporcional a la energía gastada.

### CALORIMETRÍA

La producción de calor en humanos es medida por medio de la calorimetría indirecta (por medios directos es difícil) empleando el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) de un ejercicio en particular, el cual debe ser esencialmente aeróbico. Si el ejercicio es de carácter anaeróbico, se sobreestima el gasto de energía.

El  $VO_2$  puede ser estimado de manera absoluta o de manera relativa. Cuando se estima de manera absoluta, se expresa en unidades de litro por minuto ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ ). De esta manera, el gasto energético puede ser estimado pues un consumo de  $1 L \cdot \text{min}^{-1} O_2$  requiere la liberación de 5Kcal (20.9 kJ) de energía.

De la manera relativa, el  $VO_2$  se da en unidades de mililitros por kilogramo de peso corporal por minuto ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Esta forma se usa cuando se desea comparar sujetos de diferente tamaño corporal. En esta forma se pueden variar las unidades relativas a masa magra, a superficie corporal u otros índices requeridos.

Cuando no es posible medir del  $VO_2$  directamente, se pueden realizar estimaciones razonables durante la fase de estado estable. Se han realizado ecuaciones de regresión a partir de estudios realizados en laboratorios especializados. Estas ecuaciones son apropiadas para mediciones de tipo clínico o poblacional que no impliquen gran precisión en su determinación. Puede permitir mediciones de ejercicios en el campo (caminar, correr) o dentro de un laboratorio.

Las siguientes precauciones deben ser tenidas en cuenta:

- La medición del  $VO_2$  a un nivel de trabajo es altamente reproducible para una persona en particular; sin embargo, la variabilidad intersujetos tiene un error estandar de 7%.
- Estas ecuaciones son apropiadas para estados estables submáximos de actividad aeróbica.
- Aunque la precisión de estas mediciones no son afectadas por la mayoría de las influencias ambientales (calor o frío), variables que cambian la eficiencia mecánica (anormalidades de la marcha, viento, nieve, arena), resultan en una gran pérdida de precisión.
- Se asume que los equipos utilizados están bien calibrados y que son usados apropiadamente.

### ECAUCIONES METABÓLICAS.

La tabla 1 presenta las ecuaciones metabólicas para actividades como caminar, correr, subir escalones, ergometría de brazos y de piernas.

Para los cálculos citados, es importante tener tablas de conversión entre las diferentes unidades de medición de la velocidad, pues las ecuaciones emplean básicamente la velocidad en metros por minuto.

Tabla 1. Ecuaciones metabólicas para estimación del  $VO_2$  en unidades relativas.

$VO_2$ (unidades)	=	Componente Reposo	+	Componente Horizontal	+	Componente vertical	Comentarios
Caminata (ml/kg.min)	=	3.5	+	m/min x 0.1	+	inclinación x m/min x 1.8	Para velocidades entre 50-100 m/min
Carrera (ml/kg.min)	=	3.5	+	m/min x 0.2	+	inclinación x m/min x 0.9	Para velocidades mayores de 134 m/min
Escalón (ml /kg.min)	=	3.5		subidas/min x 0.20	+	mts/escalón x pasos/min x 1.33 x 1.8	Para Frec 12-30 sub/min Altura= 0.04- 0.40m
Ergometría Piernas	=	7	+	$10.8 * W.M^{-1}$			
Ergometría Brazos	=	3.5	+	$18 * W.M^{-1}$			

### CAMINAR Y CORRER

Durante la marcha, se necesita aproximadamente 0.1 ml de  $O_2$  para trasportar cada Kg de masa corporal por metro de distancia horizontal recorrida. La demanda de  $O_2$  es mayor cuando se corre, llegando a ser el doble, es decir, 0.2 ml  $O_2$  por Kg por metro.

La demanda de  $O_2$  cuando subimos o ascendemos nuestro cuerpo es de 1.8 ml  $O_2$ /Kg/m. Cuando se conoce la altura de banco en el cual estamos haciendo actividad, el cálculo resulta fácil. No así, cuando solo conocemos la inclinación del terreno o de la banda sin fin. En este sentido, este ascenso ocasiona el entender el concepto de pendiente para calcular el ascenso neto, Así, cuando una banda sin fin tiene una pendiente de 20%, quiere decir que la relación entre la distancia vertical y la horizontal es de 0.20.

El  $VO_2$  corriendo en banda sin fin inclinada es la mitad que caminando ( $0.9 \text{ ml O}_2 / \text{Kg/m}$ ); correr en terreno inclinado tiene el mismo costo que correr con la misma inclinación en la banda; el  $VO_2$  en estado de reposo es de  $3.5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$

**Caminar:** La siguiente ecuación es apropiada para velocidades entre  $50$  y  $100 \text{ m.min}^{-1}$  ( $1.9$  a  $3.7 \text{ mph}^1$ )( $0.8 - 1.6 \text{ m/s}$ ) ( $3 - 6 \text{ km/h}$ ).

$$VO_2 (\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}) = 0.1 (\text{Velocidad (m/min)}) + 1.8 (\text{Velocidad (m/min)}) * (\text{pendiente}) + 3.5$$

**Correr:** apropiada para velocidades entre  $80 \text{ m.min}^{-1}$  ( $1.3 \text{ m/s}$ )( $4.8 \text{ km/h}$ ) y  $134 \text{ m.min}^{-1}$  ( $8 \text{ m/s}$ ) ( $8 \text{ km/h}$ ).

$$VO_2 (\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}) = 0.2 (\text{Velocidad (m/min)}) + 0.9 (\text{Velocidad(m/min)}) * (\text{pendiente}) + 3.5$$

## ERGOMETRIA DE BRAZOS Y DE PIERNAS

Realizar una ergometría con los miembros inferiores supone un  $VO_2$  que es directamente proporcional a la carga externa y al consumo en reposo. A  $50-60 \text{ rpm}$ , el consumo de  $O_2$  en una bicicleta estática es aproximadamente  $3.5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  por encima del consumo en reposo. El costo de la carga externa es aproximadamente  $1.8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (como en el costo del consumo vertical caminando) mas el consumo de  $O_2$  en reposo.

Cuando se realiza una ergometría de brazos, el costo de  $O_2$  se incrementa a  $3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  por la acción de los músculos del tronco que estabilizan los miembros superiores, debiéndose sumar el costo basal.

Para los cálculos se deben tener presentes las siguientes fórmulas:

$P = \text{potencia (vatios)}$

$$P = R * D * f$$

Donde

$R = \text{resistencia en Newtons}$

$D = \text{distancia que recorre la rueda en cada pedalazo}$

$f = \text{el tiempo para un ciclo de pedaleo}$

$$1 \text{ Watio} = 6.12 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} O_2$$

La distancia por pedalazo es de  $6 \text{ m}$  en las bicicletas Monark para ergometría de piernas;  $3 \text{ m}$  en las Tunturi;  $2.4 \text{ m}$  en las Monark para ergometría de brazos.

**Piernas:** apropiada para velocidades entre  $50$  y  $200 \text{ W}$  ( $300$  y  $1200 \text{ Kg.m.min}$ )

$$VO_2 (\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}) = 1.8 (\text{Trabajo / Masa (kg)}) + 7$$

---

<sup>1</sup> 1 milla / hora =  $26.8 \text{ m.min}^{-1}$  ; 1 kgm/h =  $16.67 \text{ m.min}^{-1}$

**Brazos:** apropiada para velocidades entre 25 y 125 W (150 y 750 Kg.m.min)

$$VO_2 \text{ (ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1}) = 3 \text{ (Trabajo / Masa (kg))} + 3.5$$

## ERGOMETRÍA DE BANCO

Subir y bajar de un banco implica un proceso de cuatro partes. Una primera es la subida de un pie; una segunda, la subida del otro; una tercera, la bajada del pie y una final, la bajada del segundo pie. El consumo de  $O_2$  de la subida al banco o escalón tiene dos componentes; uno horizontal y otro vertical. El  $VO_2$  horizontal es equivalente a  $0.2 \text{ ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1}$  por cada ciclo de cuatro apoyos. La demanda vertical (subir) es de  $1.8 \text{ ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1}$  y debe ser añadido aproximadamente un tercio de este valor por el consumo de bajar, además de agregar el consumo basal.

Escalón: La siguiente ecuación es apropiada para subir y bajar escalones a un ritmo de 12-30vpm y para alturas del escalón de 0.04-0.40m.

$$VO_2 \text{ ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1} = 0.2 \text{ (frecuencia)} + 1.33 * 1.8 \text{ (altura)(frecuencia)} + 0.5$$

## PROTOCOLO DE BRUCE:

En sujetos que pueden realizar la prueba en banda sin tomarse del soporte o manubrio:

$$VO_2 \text{ ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1} = 14.8 - 1.379(\text{tiempo en min}) + 0.451(t^2) - 0.012(t^3)$$

$$\text{Error estandar} = 3.55 \text{ ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1}$$

En sujetos que pueden realizar la prueba en banda tomándose del soporte o manubrio:

$$VO_2 \text{ ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1} = 2.282(\text{tiempo en min}) + 8.545$$

$$\text{Error estandar} = 4.92 \text{ ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1}$$

## TEST DE CAMPO:

Cuando se deben examinar una gran cantidad de personas o cuando no se pueden utilizar instrumentos estandarizados, se usan pruebas de campo para predecir el  $VO_2$  max.

Las pruebas consisten en caminar o correr una determinada distancia y medir el tiempo empleado o lo contrario, correr durante un tiempo fijo y medir la distancia recorrida. Algunos test tienen en cuenta el sexo, la edad o el peso corporal.

**Test de la caminata de una milla (Test de Rockport):**

$$VO_2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} = 132.853 - 0.1692(m) - 0.3877(E) - 6.315 (S) - 3.2649 (t) - 0.1565 (FC)$$

Donde, m = masa (kg); E = edad(años); S = sexo, si masculino = 1, femenino = 0; t = tiempo en min; FC = frecuencia cardíaca al final de la prueba

**Test de la caminata de 1.5 millas:**

$$VO_2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} = 3.5 + 483 / (\text{tiempo en min})$$

Tabla 2. Requerimientos aproximados en METs para eventos de caminata.

	$m \cdot \text{min}^{-1}$	45.6	53.6	67.0	80.4	91.2	100.2
	$m.\text{seg}^{-1}$	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7
% Inclinación	$\text{km}.\text{hr}^{-1}$	2.7	3.2	4.0	4.8	5.5	6.0
0		2.3	2.5	2.9	3.3	3.6	3.9
2.5		2.9	3.2	3.8	4.3	4.8	5.2
5.0		3.5	3.9	4.6	5.4	5.9	6.5
7.5		4.1	4.6	5.5	6.4	7.1	7.8
10.0		4.6	5.3	6.3	7.4	8.3	9.1
12.5		5.2	6.0	7.2	8.5	9.5	10.4
15.0		5.8	6.6	8.1	9.5	10.6	11.7
17.5		6.4	7.3	8.9	10.5	11.8	12.9
20.0		7.0	8.0	9.8	11.6	13.0	14.2
22.5		7.6	8.7	10.6	12.6	14.2	15.5
25.0		8.2	9.4	11.5	13.6	15.3	16.8

Tabla 3. Requerimientos aproximados en METs para eventos de trote o carrera horizontal o en colina

	$m \cdot \text{min}^{-1}$	134	161	188	214	241	268
	$m.\text{seg}^{-1}$	2.1	2.6	3.1	3.5	4.0	4.4
% Inclinación	$\text{km}.\text{hr}^{-1}$	7.6	9.4	11.2	12.6	12.4	15.8
0		8.6	10.2	11.7	13.3	14.8	16.3
2.5		9.5	11.2	12.9	14.7	16.3	18.0
5.0		10.3	12.3	14.1	16.1	17.9	19.7
7.5		11.2	13.3	15.3	17.4	19.4	
10.0		12.0	14.3	16.5	18.8		
12.5		12.9	15.4	17.7			
15.0		13.8	16.4	18.9			

**Conversiones comunes:**

- $(\text{Gasto calórico en kcal.min}^{-1}) / 5 = \text{VO}_2 \text{ Lt}^{-1}.\text{min}^{-1}$
- $(\text{VO}_2 \text{ en L/min})(1000)/(\text{masa en Kg}) = \text{VO}_2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$
- $\text{METs} \times 3.5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} = \text{VO}_2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$
- $(\text{Potencia en vatios}) \times 6 = \text{carga en Kg.m.min}^{-1}$

Cálculos metabólicos simples:

Un hombre de 30 años de edad tiene una frecuencia cardiaca de reposo de 60 pm, una frecuencia cardiaca máxima de 190 pm, un peso de 180 lb., y un  $\text{VO}_2 \text{ max}$  de  $48 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . El desea iniciar un programa de actividad física en el cual pueda:

- 1) caminar sobre la banda a 3.5 millas por hora
- 2) pedalear en un cicloergómetro a una velocidad confortable

Usted decide iniciar su prescripción de ejercicio a una intensidad del 70% del  $\text{VO}_2 \text{ max}$ .

- ¿Cuál es el  $\text{VO}_2$  a dicha intensidad?  
 $\text{VO}_2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} = \text{VO}_2 \text{ max} * \% \text{ intensidad}$   
 $\text{VO}_2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} = 48 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} * 0.70$   
 $\text{VO}_2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} = 33.6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$
- ¿Qué tan inclinada debe estar la banda si el desea caminar a 3 millas/hr?  
 $1 \text{ mill / hr} = 26.8 \text{ m/min}$   
 $3 \text{ mill/hr} = 26.8 * 3 = 93.8 \text{ m/min}$   
 $\text{VO}_2 = 0.1 (V) + 1.8 (\text{vel})(\text{pendiente}) + 3.5$   
  
 $33.6 = 0.1 (93.8) + 1.8(93.8)(\text{pendiente}) + 3.5$   
 $33.6 = 9.38 + 168.8 (\text{pendiente}) + 3.5$   
 $168.8 (\text{pendiente}) = 33.6 - 9.38 - 3.5$   
 $168.8 (\text{pendiente}) = 20.7$   
 $\text{pendiente} = 20.7 / 168.8$   
 $\text{pendiente} = 0.123$   
 $\text{pendiente} = 12.3\%$
- ¿Cuál sería la carga en la bicicleta Monark?  
 $1 \text{ Kg} = 2.2 \text{ lb}$   
 $180 \text{ lb} = 180/2.2 = 81.8 \text{ kg}$   
 $\text{VO}_2 = 7.0 + 1.8 (\text{carga})/(\text{masa})$   
 $33.6 = 7.0 + 1.8 (\text{carga})/81.8$   
 $33.6 - 7.0 = 1.8 (\text{carga})/81.8$   
 $26.6 = 1.8 (\text{carga})/81.8$   
 $1.8 (\text{carga}) = 26.6 * 81.8$

$$1.8 \text{ (carga)} = 2176$$
$$\text{carga} = 2176 / 1.8$$
$$\text{Carga} = 1209 \text{ kg.m.min}^{-1}$$

- Si está pedaleando a 60 rpm, en la misma bicicleta Monark, cual será la resistencia?

$$\text{Carga} = \text{Resistencia} * \text{Distancia} * \text{frecuencia de pedaleo}$$

$$1209 = \text{Resistencia} * 6 * 60$$

$$\text{Resistencia} = 1209 / (6 * 60)$$

$$\text{Resistencia} = 1209 / (360)$$

$$\text{Resistencia} = 3.36 \text{ kg}$$

- ¿Cuál será el gasto calórico durante 30 min de ejercicio?

$$\text{VO}_2 \text{ absoluto} = (33.6 - 3.5) * \text{masa} / 1000$$

$$\text{VO}_2 \text{ absoluto} = (30.1) * 81.8 / 1000$$

$$\text{VO}_2 \text{ absoluto} = 2.46 \text{ L.min}^{-1}$$

$$1 \text{ L.min}^{-1} = 5 \text{ kcal.min}^{-1}$$

$$2.46 \text{ L.min}^{-1} = 2.46 * 5 = 12.3 \text{ Kcal.min}^{-1}$$

$$12.3 \text{ Kcal.min}^{-1} * 30 \text{ min} = 369 \text{ Kcal}$$

- Cual será la frecuencia cardiaca para esa intensidad según el método de Karvonen o de la frecuencia cardiaca de reserva?

$$\text{FC} = \text{Intensidad} * (\text{FCM} - \text{FCR}) + \text{FCR}$$

$$\text{FC} = 0.70 * (190 - 60) + 60$$

$$\text{FC} = 0.70 * (130) + 60$$

$$\text{FC} = 91 + 60$$

$$\text{FC} = 151$$

## BIBLIOGRAFÍA

- American College of Sports Medicine. (2000). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Sixth Edition. Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia.
- Barnard RJ., Gardner GW., Diaco NV. (1973). Cardiovascular responses to sudden strenuous exercise: heart rate, blood pressure and ECG. *J Appl Physiol* 34:833-837.
- Barnard RJ., MacAlpin R., Kattus AA. (1973). Ischemic response to sudden strenuous exercise in healthy men. *Circulation* 48:936-942
- Coyle, EF., Martin, WH., Sinacore DR. (1984). Time course of loss of adaptation after stopping prolonged intense endurance training. *J Appl Physiol* , 57:1857-1864.
- Dressendorfer RH., Franklin BA., Smith JL. (1997). Rapid cardiac deconditioning in joggers restricted to walking: training heart rate and Ischemic threshold. *Chest*, 112:1107-1111.
- Fringer MN., Stull AG. (1974). Changes in cardiorespiratory parameters during periods of training and detraining in young female adults. *Med Sci Sports*, 6:20-25
- Graves JE., Pollock, ML., Legget, SH. (1988). Effect of reduced training frequency on muscular strength. *Int J Sports Med*, 9:316-319.
- Haskell WL. (1978). Cardiovascular complication during exercise training of cardiac patients. *Circulation*, 57:920-924.
- Hickson, RC., Kanakis C., Davis JR. (1982). Reduced training effects on aerobic power, endurance and cardiac growth. *J Appl Physiol*, 53:225-229.
- Hickson, RC., Rosenkoetter MA. (1981). Reduced training frequencies and maintenance of increased aerobic power. *Med Sci Sports Exerc*, 13:13-16
- Kendrick ZB, Pollock ML., Hiclmán TN. (1971). Effects of training and detraining on cardiovascular efficiency. *Am J Sports Med*, 25:79-83.
- Kichson, RC., Foster C., Pollock ML. (1985). Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance and cardiac growth. *J Appl Physiol*, 58:492-499.
- Londerre BR., y Ames SA. (1976). Trend analysis of the %  $\dot{V}O_2$  max -HR-regression. *Med Sci Sports Exerc*, 8:122-125.
- Pollock, ML., Gaesser GA., Butcher JD. (1998). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 30(6): 975-991.
- Tucci, JT., Carpenter DM., Pollock, ML. (1993). Effect of reduced frequency of training and detraining on lumbar extension strength. *Spine*, 17:1497-1501.