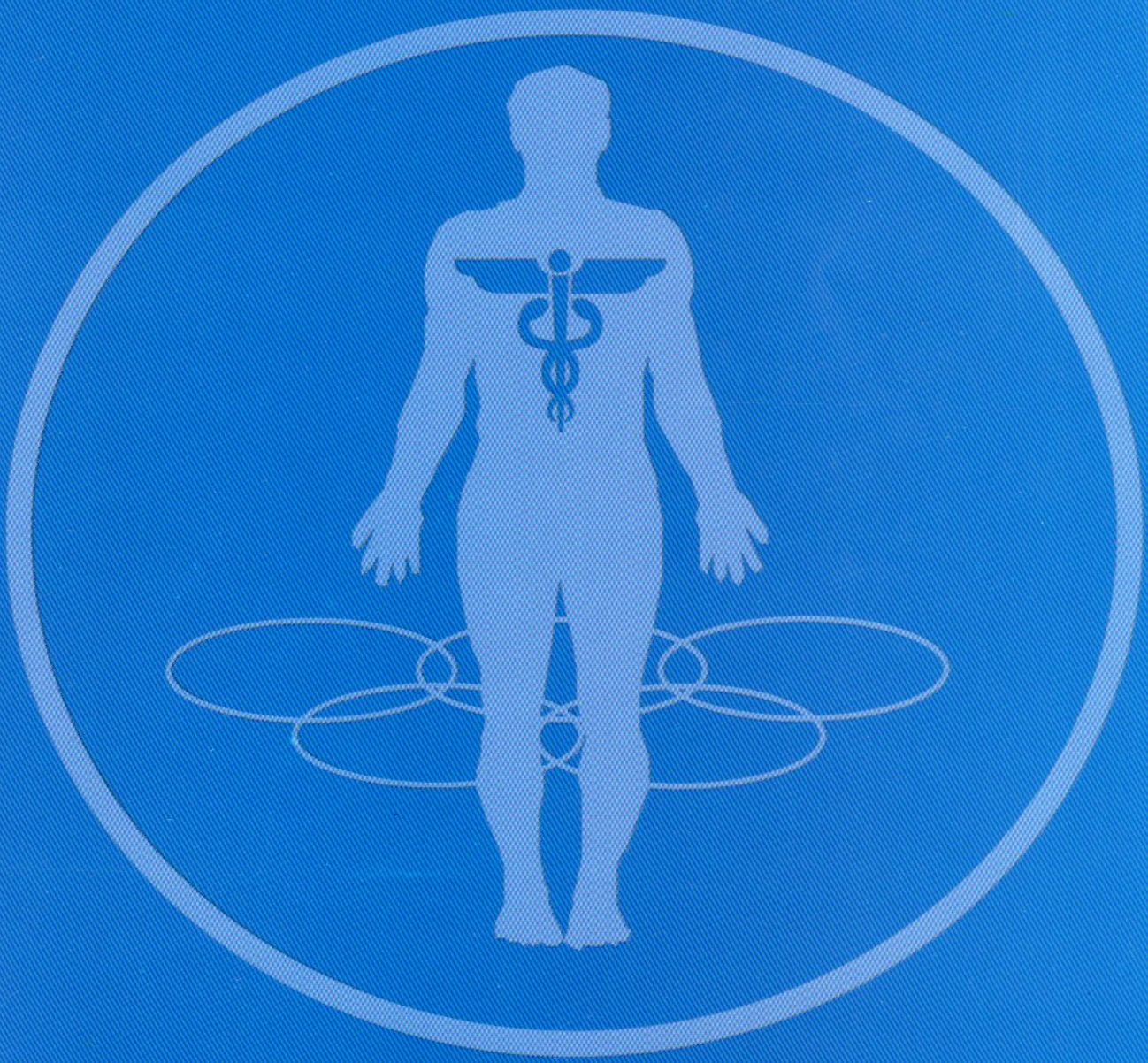
Acta Colombiana de Medicina del Deporte



ÓRGANO DE DIFUSIÓN DE LA ASOCIACIÓN DE MEDICINA DEL DEPORTE DE COLOMBIA - AMEDCO
ISSN 0123 0492 • AÑO 10, VOL. 9 NÚMERO 1 DE 2003

Prescripción del Ejercicio.
Parte II. Esquema General y Evaluación

SERRATO, M.[1]

Las recomendaciones en Actividad Física ya fueron definidas y descritas en la primera parte de esta serie de revisiones. Esta segunda parte inicia la revisión de los aspectos integrativos del proceso de la prescripción del ejercicio, desde el punto de vista práctico y con la información basada en la evidencia con la que actualmente disponemos las Ciencias Aplicadas al Deporte. En la tercera y cuarta parte trataremos la parte final de la evaluación, elaboración del plan de prescripción, los aspectos fundamentales de las estrategias de adherencia y aspectos administrativos de un programa de ejercicio.

DEFINICIONES

El arte de la Prescripción del Ejercicio. La Prescripción del Ejercicio es una práctica individual y no un dogmatismo en si. De acuerdo con el concepto del ACSM (American College of Sports Medicine) se trata de la «interacción exitosa entre las ciencias del ejercicio y las técnicas comportamentales que resultan en la adherencia a largo plazo y el logro de las metas individuales» (1). Por ser una práctica, el profesional va adquiriendo experiencia que le permite ir perfeccionando su quehacer diario, haciendo de la prescripción del ejercicio un arte. Si bien la Prescripción del Ejercicio esta basada en la ciencia y en su evidencia, la finalidad de la prescripción es el logro exitoso de un cambio comportamental del individuo para que incorpore el ejercicio dentro de sus hábitos que le permitan alcanzar sus propios objetivos. Por lo tanto su alcance va mucho mas allá de realizar unas pruebas físicas o entregar un plan de ejercicios. Se trata de intervenir el perfil de salud y comportamiento de un individuo que ha tomado la dedición de iniciar la práctica de actividad física regular. Ante este difícil reto, es fundamental la participación de las ciencias del comportamiento para poder aplicar todas las herramientas disponibles que puedan llevar al reforzamiento de las motivaciones y a la interiorización de las actividades saludables.

El ejercicio prescrito como un programa estructurado debe cumplir con un efecto medible sobre el perfil de fitness del individuo, por lo tanto la intervención debe ser eficaz no solo en términos de adherencia sino de aumento o mantenimiento de los componentes de la aptitud física. La Prescripción del Ejercicio se realiza con tres objetivos fundamentales: aumento del fitness, mantenimiento de la salud (7) y darle al ejercicio un margen de seguridad.

El proceso de la Prescripción del Ejercicio. Como proceso, la prescripción debe cumplir varias fases y requisitos que se describirán a continuación.

Tamizaje. Cuando se manejan programas de ejercicio con gran cantidad de población, no es viable que todos los sujetos sean sometidos a una evaluación médica previa para iniciar un programa de ejercicio, debido a que es altamente costoso y dispendioso. El ACSM en conjunto con la «American Heart Association» (AHA) (2), realizaron

[1] Coordinador Ciencias Aplicadas Centro Javeriano de Formación Deportiva. Director Médico Centro De Alto Rendimiento en Altura.

un consenso de las estrategias para realizar el tamizaje de los individuos con riesgo para realizar ejercicio, que deben ser vistos previamente por el médico antes de iniciar su programa. Esta fase es auto administrada de manera que es un procedimiento sencillo que termina con la clasificación de los individuos según el nivel de riesgo, el nivel de preparación de las instalaciones para la atención de emergencias y la calificación del personal requerido. En la tabla 1 se muestra un resumen de la clasificación de la ACSM(1).

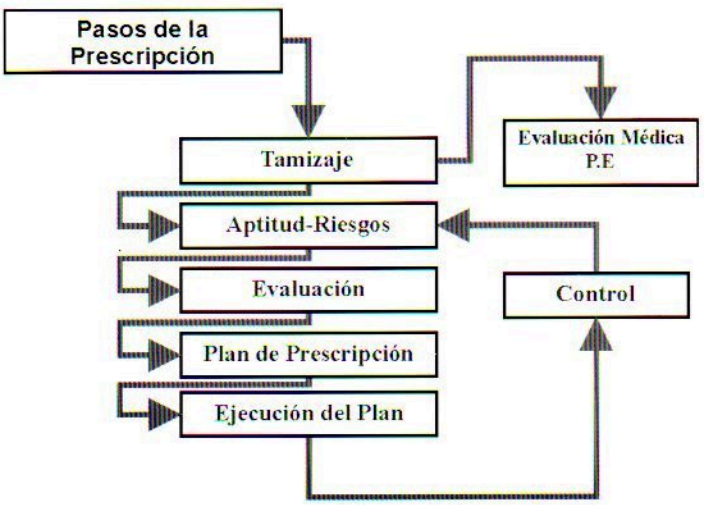
Los individuos A1 y A2, pueden realizar el programa sin ningún tipo previo de evaluación médica ni supervisión calificada, mientras que los A3 deben realizarse una prueba de esfuerzo con 12 derivaciones electrocardiográficas. Si la prueba resulta negativa, serán considerados como A2, si la prueba resulta positiva ya son B y tienen que ser tratados o diagnosticados adecuadamente.

Según las características de la población, con un buen sistema de tamizaje solamente un 10 a 20% de los individuos requerirán evaluación medica preparticipación. Todos los sujetos deben firmar un consentimiento informado sobre los riesgos de las evaluaciones físicas y de la practica del ejercicio (3).

En la gráfica 1 se muestran los pasos de la Prescripción del Ejercicio.

CLASIFICACIÓN	CLASE	CARACTERÍSTICAS
APARENTEMENTE SANO	A1	Hombre <45, mujer < 55, Sin factores de riesgo
RIESGO AUMENTADO	A2	Hombre >45, mujer >55, sin factores de riesgo
	A3	Hombre >45, mujer >55 y 2 ó mas factores de riesgo.
ENFERMEDAD C/V CONOCIDA	B	Enfermedad CV conocida, NYHA I o II, prueba máxima: >6METS, respuesta presora OK, sin taquicardia ventricular, entiende el Bohr
	C	2 o mas IAM previos, NYHA > III, < 6 METS, ST > 1, antes de 6 METS, Respuesta presora anormal, Problema médico grave, TV en < 6 METS, Paro cardiaco previo.
	D	Contraindica el ejercicio

Tabla 1. Adaptado del ACSM.



Gráfica 1. Secuencia de los pasos para la ejecución del programa de Prescripción del Ejercicio

Aptitud y Riesgo. Siempre se debe realizar una evaluación de aptitud y del riesgo individual. La aptitud hace referencia a las condiciones propias del individuo que restringen o limitan la realización de ejercicio (4). Este proceso es consecuencia de la realización de una adecuada anamnesis y examen físico completo. En la tabla 2 se muestran las posibles conclusiones de una evaluación de aptitud. En la anamnesis deben quedar muy claros algunos datos fundamentales en el proceso de la prescripción; el primero es la razón que motiva a la persona a iniciar un plan de ejercicio (remitido por un médico, búsqueda de interacción social, entre otros), cual es el objetivo individual, los antecedentes deportivos, la cantidad actual de actividad física o deporte que realiza, incluyendo el modo, la intensidad y frecuencia para establecer la cantidad de horas semanales de Actividad Física acumuladas y finalmente los gustos y preferencias individuales.

Los riesgos pueden ser de tipo cardiovascular, osteomuscular y neurológicos (4,8). En el primer caso, los riesgos cardiovasculares hacen referencia a la probabilidad de presentar un evento durante el ejercicio, haciendo necesarias restricciones en intensidad del ejercicio. Los riesgos osteomusculares delimitan el modo de realización del ejercicio, ya sea por una lesión reciente o antigua, obesidad u otra alteración que impidan la realización de alguna técnica o modalidad. Los riesgos neurológicos pueden aumentar la probabilidad de un accidente durante el ejercicio y por lo tanto limitan algunos modos de ejercicio. Por ejemplo un vértigo restringe el uso de la banda sin fin. Si el individuo ha tenido antecedente de trauma cráneo encefálico se debe tener en cuenta las restricciones para evitar el síndrome del segundo impacto (4).

Evaluación. El paso siguiente requiere la evaluación del estado de fitness, incluyendo sus 5 componentes principales; la composición corporal (relaciones peso talla, porcentaje de grasa y distribución regional de la grasa), resistencia cardiovascular (potencia aeróbica), fuerza (fuerza resistencia y máxima), flexibilidad (movilidad) y potencia (fuerza explosiva) (1,5,6,11). Se deben realizar pruebas estandarizadas y diseñadas para ser toleradas por la población general, que tengan bajo riesgo en su realización, así como de bajo costo.

	ESTADO DE APTITUD
1	Apto
2	Apto con Restricción:
	Restricción en el modo
	Restricción en intensidad
3	Apto con Recomendación
4	No Apto

Tabla 2. Posibles resultados de la evaluación de aptitud.

Las pruebas deben obtener los valores numéricos para que puedan ser analizadas y calificadas en percentiles de acuerdo con la edad y el sexo. Una vez percentilados, todos los test se encuentran en una misma unidad para obtener un perfil de fitness que puede ser fácilmente interpretado para realizar las recomendaciones específicas dentro del plan de prescripción.

Plan de prescripción. El paso a seguir consiste en la elaboración de un plan coherente de prescripción, que tenga en cuenta los antecedentes y la información obtenida hasta el momento, para poder trazar metas realistas. El plan de prescripción debe tener claramente especificada una fase de inicio, las características del ejercicio propiamente dichas asi como el modo, frecuencia, intensidad, duración y densidad. Se deben hacer las indicaciones semana a semana, incluyendo las fechas de los controles con el objetivo de evaluar la progresión y el logro de las metas individuales. El plan debe tener clara la distribución del tiempo total de ejercicio de acuerdo con los énfasis que se deban practicar según los puntos débiles encontrados en el perfil de fitness. El plan de prescripción, debe basarse en la metodología del entrenamiento para el desarrollo de las diferentes cualidades físicas.

EVALUACIÓN PARA LA PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO

Sin duda un aspecto importante y fundamental de la prescripción es la evaluación, sin embargo la mayoría de los programas se limitan a evaluar sin tener claro el uso de la información para la elaboración y seguimiento de los planes de prescripción y aún mas ignorando el objeto fundamental de la prescripción; el cambio permanente de los hábitos de vida y el logro de las metas individuales.

La evaluación hace referencia al método objetivo para poder conocer el estado actual de fitness del individuo.

Evaluación Antropométrica del Fitness. El fitness tiene en el componente antropométrico un punto importante a evaluar. Los principales aspectos a tener en cuenta son:

- Relaciones peso/talla.
- Distribución regional de la grasa.
- Composición corporal.

Con el análisis antropométrico se obtiene información del estado nutricional y del riesgo de enfermedad. Se sabe que la obesidad de tipo central se asocia con mayor riesgo de hipertensión arterial, diabetes y enfermedad cardiovascular (1,2,6,7,8).

Relaciones Peso/Talla, indican cuanto el peso actual es proporcional a su estructura corporal, para estimar excesos de peso relativos a la talla. El índice mas usado es el índice de Quetelec o Índice de Masa Corporal (IMC).

$$\textbf{IMC} = \frac{\textbf{Peso (kg)}}{\textbf{Talla}^2\ \textbf{(m)}}$$

Se considera normal un valor entre 20 a 24.9 kg/m^2 (mujeres 19-24), sobrepeso se considera entre valores de 25 y 29.9 kg/m^2 (mujeres 24-29), obesidad entre 30 y 39.9 kg/m^2 y obesidad mórbida mas de 40 kg/m^2. Valores elevados del IMC se asocian de una manera exponencial con la mortalidad por enfermedad cardiovascular (11).

Distribución Regional de la Grasa. Se consideran dentro de la masa grasa (MG) total dos compartimientos completamente diferentes, la grasa subcutánea y la grasa intra abdominal. Para poder estimar cuanta grasa es intra abdominal basta con medir el perímetro del abdomen (PA) (13). Hoy en día no es necesario establecer una relación con el perímetro de la cadera, basta tener valores mayores de 102 cm para los hombres y 88cm para las mujeres es suficiente para considerar la presencia de obesidad intra abdominal (11).

La razón por la cual la grasa intra abdominal se asocia tan fuertemente con el riesgo de enfermedad, tiene que ver con la alteración del metabolismo de la insulina (IN) que resulta de los malos hábitos de vida. Las dietas ricas en carbohidratos simples de alto índice glicémico causan picos elevados de glicemia que provocan similares picos de insulinemia. La gran sensibilidad de los adipositos viscerales a la acción de la IN, causa una captación rápida de la glucosa que es convertida en triglicéridos y almacenada como grasa dentro de los adipocitos. Por esta razón se denominan calorías vacías. El sedentarismo por su parte, se asocia con resistencia periférica a la acción de la IN hecho que ocasiona la necesidad de liberación de cantidades adicionales de IN. Bajo estas condiciones se entra entonces en un estado de hiperinsulinismo crónico. La IN en cantidades suprafisiológicas conllevan una serie de efectos secundarios que llevan a una cascada fisiopatológica causante de los problemas de salud asociados con el síndrome metabólico (SM) (12). La IN altera el perfil lípidico aumentando las concentraciones de LDL en sangre, causa un aumento del tono simpático que provoca una elevación de la resistencia vascular periférica, se produce una reacción cruzada con el factor de crecimiento similar a la insulina 1 (IGF-1) sobre el músculo liso vascular, que induce hipertrofia y alteración de la capa media de

las arteriolas llevando a un aumento de la presión arterial, los adipositos viscerales se hipertrofian, evolucionando hacia una obesidad de tipo central y finalmente los requerimientos exagerados de IN pueden llevar a los sujetos predispuestos a la aparición temprana de diabetes tipo 2. Toda esta gama de manifestaciones aceleran el proceso arterioscleróticoque termina con daño de las arterias coronarias y enfermedad cardiovascular. En conjunto todas estas alteraciones se denominan SM (12).

Si se encuentra que el peso está elevado con relación a la talla, y que simultáneamente hay aumento del perímetro abdominal, se puede concluir que el exceso de peso es principalmente causado por grasa intra abdominal. Por lo tanto ya están en proceso las alteraciones metabólicas que aumentaran sin duda su riesgo cardiovascular. Por esta razón, recientemente se ha propuesto calificar el IMC, relacionándolo con el PA, para determinar el riesgo cardiovascular. En la tabla 3 se muestra la calificación del riesgo de enfermedad después de cruzar estas variables.

		Riesgo de Enfermedad Ψ	
	IMC	Hombres <102 Mujeres < 88	Hombres >102 Mujeres > 88
Bajo peso	< 18.5	——	——
Normal l	18.5-24.9	——	——
Sobrepeso	25-29.9	Aumentado	Alto
Obesidad			
I	30-34.9	Alto	Muy alto
II	35-39.9	Muy alto	Muy alto
"III	_ 40	Exagerado	Exagerado

Tabla 3. Calificación del riesgo de enfermedad basado en el IMC y el perímetro de abdomen. (1)
Ψ Riesgo para DM2, HTA, y enfermedad cardiovascular
l un aumento del perímetro aún con peso normal es marcador de riesgo de enfermedad.

Composición Corporal. Hace referencia a la distribución compartimental del cuerpo. Las fracciones se expresan como porcentaje sobre la masa corporal. Se divide el peso en dos compartimientos; la masa grasa (MG) y el peso libre de grasa (PLG). Conociendo la cantidad de grasa subcutánea se tiene una muy buena idea del estado nutricional. Existen múltiples métodos para estimar la MG, los métodos directos son considerados los métodos estándar, sin embargo son muy costosos y dispendiosos para ser utilizados rutinariamente. Actualmente se emplean tres métodos directos; densitometría hidrostática, la absortimetría dual de rayos X (DEXA) y la pletismografía. De los métodos directos se han derivado ecuaciones de regresión en diferentes poblaciones para estimar la MG de manera indirecta. Los métodos indirectos (también llamados de campo) mas empleados son la Bioimpedancia ecléctica (BIA) y los pliegues grasos (PG). Ambos métodos usan ecuaciones de acuerdo con la edad, raza, sexo y población evaluada (son deportistas si entrenan mas de 10 horas semanales).

La BIA se basa en el principio de la resistencia que ejerce la grasa al paso de una pequeña corriente eléctrica a través del cuerpo. El PLG por su contenido acuoso es un buen conductor de la corriente, por lo tanto la cantidad de electrones que finalmente es conducida por el cuerpo es inversamente proporcional al contenido graso. En la gráfica 2 se muestra una báscula de BIA.

Gráfica 2. Báscula de BIA.

En la tabla 4 se dan las recomendaciones para tomar medidas con BIA.

BIA Guías para medición
1- No comer o beber 4 horas antes del test
2- No hacer ejercicio 12 horas antes del test
3- Orinar dentro 30 minutos antes del test
4- No consumir alcohol 48 horas antes
5- No usar diuréticos 7 días antes del test
6- No medir mujeres que retengan líquidos en alguna fase del ciclo menstrual

Tabla 4.

La BIA un método económico y práctico que emplea muy poco tiempo y en condiciones estándar es reproducible. Como mide la cantidad de grasa del compartimiento intra abdominal y subcutáneo es ideal para poblaciones con obesidad y sobrepeso. Los individuos muy obesos no tienen buenos puntos anatómicos de referencia para la toma de los PG.

Los PG son un doble repliegue de piel tomado en varios puntos anatómicos con el fin de tener una idea general de la cantidad de grasa subcutánea. Existen demasiadas formulas de regresión, sin embargo el mas recomendado para ser empleado en individuos aparentemente sanos sedentarios es el método de Pollok de 7 pliegues. La ventaja de este método es su buena correlación con la BIA, al tomar 7 pliegues, tanto centrales como periféricos se tiene una buena muestra representativa de todo el cuerpo. Adicionalmente tiene en cuenta el sexo, edad, y calcula la densidad corporal hecho que le da cierto poder para estimar la grasa intra abdominal (1.3). Una vez determinada la densidad, se calcula el porcentaje graso con la formula de SIRI, entre tanto disponemos de una formula especifica de nuestra población. En la gráfica 3 se muestran los puntos de referencia para los pliegues[2].

La fórmula de Pollok es la siguiente:

S (pecho, medio axilar, tríceps, subescapular, abdomen, Suprailiaco y muslo)

Hombres:
Densidad = 1.112"– 0.00043499 * S + 0.00000055 * S^2 – 0.00028826 (edad)

Mujeres:
Densidad = 1.097
– 0.00046971 * S + 0.00000056 * S^2 – 0.00012828 (edad)

La fórmula de SIRI para el cálculo del % graso es la siguiente:

$$\% \text{ graso} = \frac{495}{\text{Densidad}} - 495$$

Gráfica 3. Técnica de toma de los PG y perímetro de cintura. Se toma a una distancia intermedia entre el reborde costal y la cresta iliaca.

[2] El método puede ser consultado en la referencia 1

Una vez calculado el porcentaje graso, es necesario calificarlo contra los estándares de la población aparentemente sana. El ACSM propone una tabla para determinar los percentiles. Tabla 5.

Evaluación Cardiorrespiratoria

La resistencia de define como la capacidad de sostener un esfuerzo por tiempo prolongado en niveles de carga similares al los del comienzo de tal actividad (14). Cuando no se puede sostener el nivel de intensidad comienza la fatiga. Se puede realizar un esfuerzo sostenido mientras el organismo tenga la capacidad de aportar el O_2 suficiente para mantener el gasto energético elevado, por lo tanto es la mejor medida de la eficiencia del trabajo cardiorrespiratorio.

PORCENTAJE GRASO HOMBRES					
Percentil	20-29	30-39	40-49	50-59	60 +
90	7,1	11,3	13,6	15,3	15,3
80	9,4	13,9	16,3	17,9	18,4
70	11,8	15,9	18,1	19,8	20,3
60	14,1	17,5	19,6	21,3	22,0
50	15,9	19,0	21,1	22,7	23,5
40	17,4	20,5	22,5	24,1	25,0
30	19,5	22,3	24,1	25,7	26,7
20	22,4	24,2	26,1	27,5	28,5
10	25,9	27,3	28,9	30,3	31,2
PORCENTAJE GRASO MUJERES					
Percentil	20-29	30-39	40-49	50-59	60 +
90	14,5	15,5	18,5	21,6	21,1
80	17,1	18,0	21,3	25,0	25,1
70	19,0	20,0	23,5	26,6	27,5
60	20,6	21,6	24,9	28,5	29,3
50	22,1	23,1	26,4	30,1	30,9
40	23,7	24,9	28,1	31,6	32,5
30	25,4	27,0	30,1	33,5	34,3
20	27,7	29,3	32,1	35,6	36,6
10	32,1	32,8	35,0	37,9	39,3

Tabla 5.

El fitness cardiorrespiratorio se expresa en la cualidad física de la resistencia. Se relaciona con la capacidad de ejercitar grandes masas musculares de una forma dinámica, con una intensidad elevada y por periodos prolongados de tiempo.

El VO_{2max} depende de la capacidad de captar, transportar y utilizar el oxígeno durante un esfuerzo máximo. Cuando se aumenta la carga pero el VO_2 se mantiene constante se observa un aplanamiento en la curva VO_2 contra el tiempo. Esta es la meseta característica del VO_{2max}. Los individuos no entrenados no pueden hacer la meseta, de manera que se toma el valor máximo obtenido en un test. Este se denomina VO_{2pico} (15).

En los programas de fitness no es posible contar con equipos para la determinación directa del VO_{2max}. Afortunadamente existe una relación termodinámica entre la energía necesaria para realizar un trabajo externo y el oxígeno requerido para producirlo. Por cada vatio movilizado se consumen entre 10 y 12 ml de O_2. En condiciones normales, esta pendiente es igual para todos los individuos, de manera que si se conoce la carga externa, se puede calcular el VO_{2max} absoluto con una muy buena correlación. La siguiente formula permite este cálculo:

$$\mathbf{VO_{2pico}\,(ml.kg.min) = \frac{VO_{2\,rest} + (12 * Watt)}{Peso\ (kg)}}$$

Donde: $VO_{2\,rest}$ en promedio 300 ml para mujeres y 350 para hombres.

La determinación del VO_{2pico} en los programas de ejercicio tiene las siguientes utilidades:

- Permite conocer la reserva funcional de los sistemas cardiovascular, circulatorio, pulmonar y muscular en una sola prueba, de manera que permite clasificar funcionalmente el individuo como se describió en la primera parte de esta serie.

- Conocer el VO_{2pico} permite adicionalmente tener un dato pronóstico. Se sabe que un valor máximo en una prueba mayor de 8 METS (28 ml/kg/min) se correlaciona con menor riesgo de mortalidad por enfermedad cardiovascular. Por cada MET de potencia aeróbica adicional se confiere un 12% en sobrevida adicional (10, 16).

- Durante un test máximo e incremental, se puede evaluar la respuesta en cargas submáximas al ejercicio, permitiendo obtener parámetros objetivos para la prescripción del ejercicio cardiovascular.

Los test de fitness cardiorrespiratorio no deben ser confundidos con pruebas de esfuerzo con fines de diagnósticos coronario. Esto debido a que no siempre se cuenta con electrocardiograma (EKG) de 12 derivaciones, hecho que puede llevar a grandes riesgos de orden legal. Idealmente los test de fitness cardiorrespiratorio son maximales, sin embargo si el individuo tiene riesgo cardiovascular elevado (A3, B o C), debe ser referido para realizar una prueba de esfuerzo.

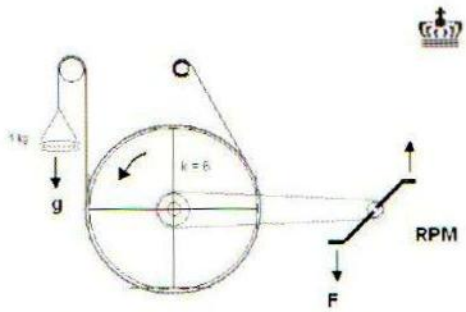
Si el riesgo y las restricciones al test de fitness impiden un test máximo, se pueden realizar test submáximos, que lamentablemente ya no permiten obtener parámetros precisos para la prescripción. La mayoría de los test submáximos de escalón o cicloergómetro llevan el sujeto a una carga menor al 85% de la frecuencia cardiaca máxima teórica, y proyectan el resultado hasta su valor teórico máximo mediante el empleo de fórmulas o nomogramas. El principio se basa en el supuesto de que todos los hombres y las mujeres tienen un 50% del $VO_{2\,max}$ a 188 y 138 pulsaciones respectivamente (1). Por lo tanto estos test llevan a la conclusión de un valor teórico y no evalúan realmente la capacidad funcional del individuo, por lo tanto su realización podría haberse obviado. No obstante con los test submáximos se puede evaluar la tolerancia al ejercicio submáximo y pueden ser usados como criterio de control para el mismo individuo. Estos test han entrado en desuso por los profesionales de la Medicina del Deporte debido a que carecen de una conexión real entre la capacidad funcional del individuo y el valor logrado en la prueba. Afortunadamente, existe un test submáximo que si tiene esta conexión, se trata del test de UKK desarrollado por los finlandeses (17). Este test se realiza caminando al mayor ritmo posible una distancia de 2 km. Se registra el tiempo empleado en recorrer esta distancia, el peso, la talla, la edad y la frecuencia cardiaca al final del test. El principio de esta prueba se basa en la capacidad de un individuo para caminar mas rápido entre mayor sea su valor de VO_{2max}.

Modo de los test. Para seleccionar una forma de realizar el test, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los hábitos de ejercicio del sujeto, buscando especificidad de la actividad que practica regularmente, ya sea corriendo o montando en bicicleta. El resultado del test es mejor si se adapta mas a la Actividad Física que se practica cotidianamente.
- La seguridad del test. Definitivamente la forma más segura para realizar un test, se da con el cicloergómetro. No tiene el riesgo de accidente o vértigo, permite medir fácilmente los signos vitales y el control para tomar mediciones adicionales es mejor, no se desplaza el centro de gravedad, haciendo que el estrés al sistema cardiovascular sea menor y se produce fatiga localmente en los extensores de la rodilla, antes de que la estimulación del sistema cardiovascular sea máxima, dando un margen de seguridad adicional. Por lo tanto es ideal en sujetos con sobrepeso, riesgo cardiovascular aumentado, pacientes con vértigo o problemas de equilibrio, personas que nunca han hecho ejercicio en una trotadora y pacientes mayores.
- Las restricciones del individuo. Se prefiere el cicloergómetro cuando se quiere evitar estrés sobre el sistema osteomuscular en sujetos con sobrepeso y obesidad, o con problemas ortopédicos de los miembros inferiores.

- La exactitud de las medidas. Pedalear es una actividad mas estándar y reproducible que hace que las correlaciones entre la carga y el VO_{2max} sean mejores, igualmente los cicloergómetros calculan directamente los Watt haciendo que se pueda correlacionar la carga con el VO_{2max} y se puede estimar la eficiencia mecánica en Watt/kg. Los cálculos indirectos tienden a sobre estimar los valores del VO_{2max}, con el cicloergómetro este efecto se reduce.
- Las facilidades locativas y técnicas.

Los ergómetros Monark tienen un principio de funcionamiento muy simple y preciso. No se descalibran porque funcionan con resistencias fijas que dependen directamente de un peso estándar en kilogramos. En la gráfica 4 se muestra el modelo mecánico del funcionamiento de los ergómetros Monark. Se coloca un peso en kilogramos, el cual mediante una polea aplica una resistencia al volante. Cada vuelta del volante avanza 6 metros. Para vencer esta resistencia el sujeto debe aplicar una fuerza a la biela que genera un torque. El torque generado depende de la magnitud de la fuerza y del radio del brazo de palanca del volante. Se obtiene una medida en N x m (iguales unidades de trabajo).



Gráfica 4. Plano del funcionamiento de un ergómetro mecánico.

Como la potencia es una medida del trabajo en función del tiempo, si el sujeto pedalea mas rápido obtendrá un valor mayor en vatios, de manera que dependiendo de las revoluciones por minuto (RPM), se produce más o menos trabajo en función del tiempo, es decir más o menos potencia.

Protocolos. Un protocolo debe tener una duración entre 8 a 12 minutos para poder lograr llevar los órganos y sistemas de una manera progresiva e incremental hasta sus valores fisiológicos máximos. Un protocolo mas corto, quizás no logre obtener los valores máximos y un protocolo mas largo, especialmente en no deportistas, causa fatiga que evita obtener un esfuerzo máximo. Por lo tanto en la determinación del protocolo ideal, se deben tener en cuenta las condiciones del individuo, se estima la carga en Watt/kg que el sujeto debería realizar teóricamente, y se divide por 8 a 12 que serían el número de minutos del test, obteniendo el aumento de carga por etapa. Un sujeto aparentemente sano debe hacer cerca de 3 watt/kg y una mujer entre 2 a 2.5 watt/kg. (valores menores en nuestro medio para las mujeres).

Por convención, sugerimos no llamar los protocolos con nombres propios, en lugar de esto se sugiere una nomenclatura universal que indica exactamente como está compuesto el protocolo. En el primer ítem, se relaciona la carga inicial, en el segundo, el delta de carga por etapa, en el tercero la duración de la etapa en segundos, en el cuarto la duración de las pausas en segundos si hubiesen y el quinto la inclinación cuando se trata de test en banda sin fin.

Protocolos en cicloergómetro. (Gráfica 5) Cuando se realizan en cicloergómetros, se recomienda hacer un protocolo con aumentos de 25 a 50 Vatios cada 2 minutos, se prefiere aumentar 25 en las mujeres y 25 a 50 vatios en los hombres, según el valor predicho para el individuo. Las etapas de 2 minutos permiten obtener valores en las cargas submáximas mas ajustados a la realidad, debido a que etapas mas cortas aumentan la carga cuando apenas esta subiendo la frecuencia cardiaca correspondiente al nivel de trabajo externo. Las cadencias de pedaleo pueden inicialmente ser de 50 a 60 RPM, pero en cargas altas es necesario ajustar la resistencia para aumentar las cadencias entre 60 y 80 RMP.

Mujeres 50 Vatios / 25 Vatios / 120seg / 0seg
Hombres 50 Vatios / 50 Vatios / 120seg / 0seg

Se registran los valores al final de cada etapa, el valor máximo logrado en una etapa completa, se usa para el cálculo del VO_{2pico}, se obtiene la carga por kg de peso corporal y se grafican los datos de las cargas submáximas.

Protocolos en Banda Sin Fin. Cuando se realizan pruebas en la banda sin fin, se recomiendan protocolos etapas de un minuto debidola mayor fatiga que causan. Se recomienda una inclinación máximo hasta un 2% (45° son el 100%), con aumentos de 0.5-1 mph cada minuto, según el nivel predicho el sujeto.

Gráfica 5. Test indirecto en cicloergómetro

Mujeres 4.5mph/0.5mph/60seg/0seg/0%
Hombres 5.5mph/0.5mph/60seg/0seg/0%

El cálculo del VO_{2pico} se puede hacer con la fórmula del ACSM (1):

$$VO_{2pico} = 0.2\ (vel) + 0.9\ (vel)\ (fr\ incl) + 3.5$$

Donde: Vel= velocidad en m/min (1mph=26.8 m/min), fr incl = inclinación como fracción (2% = 0.02) y 3.5 como valor en reposo. VO_{2pico} expresado en ml7kg7min.

Eventualmente se debe tomar la presión arterial y se recomienda registrar la percepción subjetiva del esfuerzo con la escala de Borg.

Una vez obtenido el valor del VO_{2pico} se procede a calificar el resultado en el nivel funcional y se percentila el valor. En la tabla 6, se muestran los percentiles sugeridos por el ACSM.

Continuará en la siguiente edición. Agradecimientos por su ayuda y colaboración en este manuscrito al Dr. Oscar Ortiz.

VALOR DEL VO_{2pico} HOMBRES					
Percentil	**20-29**	**30-39**	**40-49**	**50-59**	**60 +**
90	51,4	50,4	48,2	45,3	42,5
80	48,2	46,8	44,1	41,0	38,1
70	46,8	44,6	41,8	38,5	35,3
60	44,2	42,4	39,9	36,7	33,6
50	42,5	41,0	38,1	35,2	31,8
40	41,0	38,9	36,7	33,8	30,2
30	39,5	37,4	35,1	32,3	28,7
20	37,1	35,4	33,0	30,2	26,5
10	34,5	32,5	30,9	28,0	23,1
VALOR DEL VO_{2pico} MUJERES					
Percentil	**20-29**	**30-39**	**40-49**	**50-59**	**60 +**
90	44	41	40	35	35
80	41	39	36	32	31
70	38	37	34	31	29
60	37	35	32	29	27
50	35	34	31	28	26
40	34	32	30	27	25
30	32	31	28	26	24
20	31	29	27	24	23
10	28	27	25	22	21

Tabla 6.

REFERENCIAS

American College of Sports Medicine Guidelines for Exercise Testing and Prescription. (5ta. ed., pp. 153-240). (1995). Philadelphia: Lea & Febiger.

JOINT POSITION STATEMENT. AHA/ACSM Joint Statement: Recommendations for Cardiovascular Screening, Staffing, and Emergency Policies at Health/Fitness Facilities. Med. Sci. Sports. Exerc. 30 (6) (1998).

POLLOCK, M. L., WILMORE, J. H., & FOX III, S. M. Exercise in Health and Disease: Evaluation and Prescription for Prevention and Rehabilitation. 2da. ed.; Philadelphia: W.B. Saunders Company. pp. 100-110, 371-484. (1990).

MOELLER, J.L. Contraindications to athletic participation: Cardiac, respiratory and central nervous system conditions. Phys Sports Med. 24 (10) (1996).

American College of Sports Medicine The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 22*(2), (1990) 265-274.

American College of Sports Medicine Position Stand. Physical activity, Physical fitness, and hypertension. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 25*(10) (1993)., i-x.

BLAIR, S. N. Exercise prescription for health. *Quest, 47*(3), (1995). 338-353.

SHEPHARD, T. STEPHENS, J. R. SUTTON, & B. D. MCPHERSON (Eds.), Exercise Fitness, and health: A Consensus of Current Knowledge. Champaign, IL: Human Kinetics Books.

Mc ARDLE AND KATCH. F. Exercise Physiology. Williams and Wilkins. 5 ED. NY (2001).

MYERS J, PRAKASH M., FROELICHER V, Do D, PARTINGTON S, ATWOOD J. E. Exercise Capacity and Mortality among Men Referred for Exercise Testing. N Engl J Med. 801 (2002). 346:793.

ACSM. Resource Manual for guidelines for exercise testing and prescription. 4 ed. Lippincot Williams and Wilkins. (2001).

CARROLL S, DUDFIELD M. What is the Relationship between Exercise and Metabolic Abnormalities?: A Review of the Metabolic Syndrome. Sports Med. 34(6): (2004). 371-418.

LOFGREN, I. HERRON K. ET AL. Waist circumference is a better predictor than body mass index of coronary heart disease risk in overweight premenopausal women. J Nutr. 134(5): (2004) 1071-6.

SERRATO. M. Manual de Métodos y Procedimientos en Medicina del Deporte y Ciencias Aplicadas. 1 ed. U. Rosario. Bogotá. (2004).

WASSERMAN K. Principles Of exercise testing and interpretation. Lea Febiger. 4 ED. 2000.

SANDVIK M. L.ERIKSSEN J. ET AL. Physical Fitness as a Predictor of Mortality among Healthy, Middle-Aged Norwegian. New Eng J of Med 328 (8) (1993).

LAUKKANEN, R. M. T., P. OJA, K. H. OJALA, M. E. PASANEN, and I. M. VUORI. Feasibility of a 2-km walking test for fitness assessment in a population study. *Scand. J. Soc. Med.* 20: (1992). 119-126.