

Cap. 9.- Evaluación de la Condición Física en el Ámbito de la Salud

Telmo Silva Alonso.

9.1.- Introducción

9.1.1.- Evaluación en el contexto del fitness

El término inglés *Fitness* significa literalmente “estar en (buena) forma”. Desde hace más de 20 años *Fitness* se viene empleando en nuestra cultura como un término que hace referencia a una óptima condición física, asociada a un buen estado de salud general y que facilita una mayor calidad de vida en las personas. Las salas de fitness o gimnasios modernos son la respuesta a la necesidad de mantener un aceptable nivel de condición física; hoy en día valor poco frecuente debido al estilo de vida predominantemente sedentario de la sociedad postindustrial.

Hoy en día, las salas de fitness ofrecen a sus clientes equipamiento para el entrenamiento, moderno y dotado con medios tecnológicos, que les permite la realización de programas de actividad física que desarrollan las capacidades físicas básicas para un óptimo estado de salud. La demanda de este tipo de instalaciones sigue creciendo y por tanto, además de los medios materiales, resulta indispensable la presencia de profesionales que gestionen estos recursos y programen las actividades con altos niveles de calidad.

En la prescripción y programación de actividad física para la salud juega un papel esencial el proceso de evaluación, cada vez más importante para un desarrollo permanente y de calidad de los servicios de fitness.

Resulta obvio que la oferta de calidad en este tipo de empresas requiere obtener información en todo momento para regular los procesos implantados y los resultados, además de permitir la detección y solución de los errores que puedan surgir.

La evaluación permite por tanto obtener y manejar información en cualquier momento (antes, durante y después) con el fin de mejorar de forma constante el proceso y los resultados, además de permitir un reajuste constante de los objetivos hacia la excelencia del servicio.

La evaluación a la hora de programar actividad física en salas de fitness supone:

- Una actuación que debe estar integrada en el proceso de entrenamiento para la salud.
- Una intervención que se puede realizar en cualquier momento: al inicio, durante o al final del proceso.
- La obtención de información numérica o cualitativa.
- La posibilidad de tratar matemáticamente la información.

- La posibilidad de comparar el resultado con los objetivos planteados (evolución personal)
- La posibilidad de comparar el resultado con resultados obtenidos por individuos semejantes en edad y sexo (evolución respecto a un grupo)
- Nuevos objetivos en función de los resultados de evaluación.

9.1.2 Objetivos de la evaluación

Los objetivos son diferentes en función del momento de la evaluación.

En la evaluación inicial o previa se pretende conocer el punto de partida y para ello se establecen los siguientes objetivos:

- Valorar el estado de salud general: los riesgos, el estilo de vida, la actividad física indicada y contraindicada.
- Valorar la condición física o fitness con un análisis multifactorial.
- Valorar la destreza motora para definir y decidir sobre el tipo de tarea, principal y complementaria, más indicado para los objetivos de entrenamiento.
- Valorar el gasto energético.

La evaluación durante el proceso para:

- Controlar el estado de la condición física y su evolución.
- Optimizar las cargas y el proceso de entrenamiento.
- Reajustar de modo constante de los objetivos y las tareas.

La evaluación final (después de una etapa más larga) para:

- Revisión del estado de salud.
- Valorar el nivel de satisfacción del usuario.

9.1.3.- Criterios de calidad en test, pruebas e instrumentos de medida

Validez

Un test o instrumento de medida es válido cuando se demuestra que realmente mide aquello para lo que se le presupone. La validez de una prueba indica en que grado o nivel esa prueba mide lo que se pretende medir.

El coeficiente de correlación es el parámetro estadístico que se utiliza para establecer el nivel de validez de una prueba, cuando ésta se compara con otra realmente válida.

En un proceso de validación, el coeficiente de validez es el coeficiente de correlación que indica el grado de relación que se establece entre los resultados de un test y los resultados del test tomado como referente o criterio.

El coeficiente de validez o de correlación es en definitiva un parámetro de tipo estadístico que expresa el grado de relación o correspondencia entre dos valores (cuadro 1).

Ejemplos de parámetros con coeficiente de correlación alto: la fuerza y el peso corporal; el VO2 max y el resultado de una prueba de resistencia.

<i>Coeficiente de Correlación</i>	<i>Grado de Correlación</i>
- 0,70	Bajo o Dudoso
0,70 – 0,74	Moderado o Débil
0,75 – 0,84	Aceptable o Bueno
+ 0,85	Alto o Excelente

Cuadro 9.1 Coeficiente de correlación y el grado de relación entre dos variables.

Fiabilidad

La fiabilidad se puede definir como el grado de consistencia o estabilidad de los resultados obtenidos en la medición de un test.

Para que un test sea fiable deberá obtener el mismo resultado en dos ocasiones distintas.

Un test es fiable cuando su aplicación a un individuo o grupo en circunstancias similares obtenemos resultados análogos.

La fidelidad de un test es requisito indispensable para su validez.

Averiguar la fiabilidad de un test es estimar su nivel de precisión (error) y estabilidad en los resultados.

La fiabilidad se determina comparando los resultados obtenidos en dos series distintas mediante un coeficiente de correlación que se denomina coeficiente de fiabilidad.

Los métodos más utilizados para medir la fiabilidad de un test son los siguientes:

- ***Método test – retest***; consiste en aplicar el test dos veces al mismo grupo, para luego calcular el coeficiente de fiabilidad de las dos series medidas. Los factores que más influye en este método son el intervalo de tiempo entre las mediciones y las condiciones en las que se realiza el test. A la primera medición se denomina TEST y a la segunda RETEST.
- ***Método de series paralelas***; consiste en aplicar dos o más test paralelos, es decir, equivalentes. La correlación entre las dos series de puntuaciones indicará el coeficiente de fiabilidad del test.
- ***Método de la división entre las dos mitades***; consiste en aplicar una sola vez el test y separar los resultados en dos partes equivalentes para establecer su coeficiente de correlación.

1.3.3 Objetividad

Una prueba o test es objetivo cuando el resultado es independiente de la actitud o la apreciación del observador.

Un test es objetivo cuando un grupo obtiene resultados análogos con diferentes observadores o examinadores.

El coeficiente de objetividad es el coeficiente de correlación que indica el grado de relación entre los resultados de un test obtenidos en dos series distintas y diferente grupo evaluador.

9.2.- Evaluación de la condición física

9.2.1 Revisión conceptual.

El término Condición Física hace referencia al conjunto de factores morfológicos y funcionales que limitan o condicionan la capacidad de trabajo físico de cualquier sujeto.

En general se consideran tres factores los que determinan de forma importante la condición física: la edad, los factores genéticos y los factores ambientales.

El sexo, las características antropométricas (estatura, peso, composición corporal, tipo de fibras musculares, etc) y algunas enfermedades crónicas hereditarias (como asma, alergia, diabetes, etc) son los factores genéticos más importantes y que influyen de manera notable en la condición física de cualquier individuo.

Resulta necesario destacar que el entrenamiento sistemático es uno de los factores ambientales más determinantes en el desarrollo de la condición física.

Otros factores de tipo ambiental que influyen de manera importante en el rendimiento físico son los factores climáticos específicos (altitud, humedad, contaminación, etc), la alimentación y el consumo de drogas (alcohol, tabaco, medicamentos y otras).

Un concepto amplio sobre la condición física involucra también de manera importante a los factores de tipo psicológico (p.e. motivación, ansiedad, personalidad, agresividad, etc).

Todos modos se hace necesario diferenciar con más detalle los conceptos de “condición física” y “aptitud física”.

Para Morehouse (1965), el término “aptitud física” expresa la relación entre una tarea y la capacidad para ejecutarla. En el ámbito del entrenamiento se puede asociar al concepto de “condición física específica”.

Por otro lado, para la gran mayoría de investigadores, el concepto de condición física es algo más genérico e implica a las capacidades limitantes más biológicas, tanto estructurales como funcionales.

A las capacidades que determinan el rendimiento físico se les denomina genéricamente componentes de la condición física o cualidades físicas básicas.

Las cualidades físicas, según Álvarez del Villar, son aquellos factores anatómicos y funcionales que determinan la condición física de un individuo y lo clasifican para la realización de una actividad físico-deportiva concreta.

9.2.2 Componentes de la condición física: capacidades o cualidades físicas básicas

Se establecen diversos modelos para conceptualizar aquellos factores que determinan la condición física básica de los individuos.

Bouchard, fisiólogo canadiense, clasifica los factores que condicionan la aptitud de realizar tareas que requieren esfuerzo físico en componentes de la condición física o cualidades físicas (cuadro 2). Diferencia entre componentes orgánicos, musculares y perceptivo-cinéticos.

CUALIDADES FÍSICAS		
<i>ORGÁNICAS</i>	<i>MUSCULARES</i>	<i>PERCEPTIVO-CINÉTICAS</i>
Endurance	Fuerza	Rapidez de Reacción
Resistencia	Resistencia	Velocidad de Movimientos
	Endurance	Ajuste Motor (Coordinación)
	Potencia	Ajuste Corporal (Equilibrio)
	Amplitud Articular	

Cuadro 9.2 Componentes de la condición física (Bouchard)

Astrand y Rodhal, prestigiosos fisiólogos escandinavos, denominan “Factores de Rendimiento Físico” a los componentes que determinan la condición física (cuadro 2.2).

FACTORES DE RENDIMIENTO FÍSICO		
<i>ENERGÉTICOS</i>	<i>NEUROMUSCULARES</i>	<i>PSICOLÓGICOS</i>
Metabolismo Aeróbico	Fuerza	Motivación
Metabolismo Anaeróbico	Coordinación	Atención
		Concentración
		Otros Factores

Cuadro 9.3. Componentes del rendimiento físico (Astrand y Rodhal)

Desde la didáctica de la educación física, Sánchez Bañuelos considera a las cualidades físicas (cuadro 2.3) como “factores cuantitativos del mecanismo de ejecución motora”.

CUALIDADES FÍSICAS
<i>FACTORES CUANTITATIVOS DEL MECANISMO DE EJECUCIÓN</i>
Resistencia
Fuerza
Velocidad
Flexibilidad
Coordinación
Agilidad

Cuadro 9.4. Componentes de la Condición Física (Sánchez Bañuelos)

Desde el ámbito del entrenamiento deportivo, Álvarez del Villar considera diferente grado de entrenabilidad entre las distintas cualidades físicas (cuadro 2.4).

CUALIDADES FÍSICAS	
<i>CON DIFERENTES GRADOS DE ENTRENABILIDAD</i>	
	Resistencia
	Fuerza
	Velocidad
	Flexibilidad
	Coordinación
	Equilibrio
	Agilidad

Cuadro 9.5. Cualidades Físicas (Álvarez del Villar)

9.2.3 Tipos de pruebas para la evaluación de la condición física

En general se utilizan tres tipos de pruebas para la valoración de la condición física: los test de campo, las pruebas específicas de laboratorio y las pruebas antropométricas.

Los test de campo están directamente relacionados con el rendimiento específico (aptitud física), y donde se intenta respetar al máximo las condiciones particulares de cada tarea.

Los test de campo se utilizan fundamentalmente para medir la eficacia de los procesos de entrenamiento y el grado de evolución individual en un rendimiento motor concreto.

Además de los test que se aplican de forma aislada existe también conjuntos de pruebas o baterías de test con el objetivo de evaluar globalmente la condición física (Eurofit, AAPHERD, INEF, etc).

Test de Cooper, Test Course Navette, Test de Abalakov, son algunos ejemplos de test de campo clásicos de carácter general.

Con las pruebas específicas de laboratorio se pretende evaluar, en situaciones de esfuerzo y condiciones mucho más sofisticadas, rigurosas y controladas, parámetros relacionados con la capacidad funcional del individuo: el VO₂, Umbral Aeróbico-Anaeróbico, comportamiento de la frecuencia cardiaca y presión arterial, cociente respiratorio, etc.

Finalmente, con las pruebas antropométricas se evalúan las dimensiones y composición corporal.

Son pruebas muy útiles para el control del entrenamiento e investigación. El peso, la estatura, los diámetros articulares, el espesor de los panículos adiposos, los perímetros, el porcentaje de grasa, la densidad corporal y el peso magro, son parámetros antropométricos que nos permiten establecer el biotipo o forma corporal de cualquier persona (ectomorfismo, mesomorfismo y endomorfismo).

9.3.- Evaluación de la composición corporal.

9.3.1 Objetivos

La valoración antropométrica en el contexto de actividad física para la salud en salas de fitness se propone las siguientes metas:

- Conocer el estado nutricional.
- Conocer los parámetros fundamentales que determinan la composición corporal: peso graso, peso magro, peso óseo y residual.
- Posibilidad de establecer el peso óptimo, especialmente con la intervención en los factores modificables: peso graso y peso magro.

9.3.2 Instrumentos básicos

Para la valoración de la composición corporal en salas de fitness se recomienda el siguiente instrumental:

- **Báscula**, para medir el peso.
- **Tallímetro**; para medir la estatura.
- **Plicómetro, caliper o lipómetro**; para medir el espesor de los pliegues del panículo adiposo o grasa subcutánea. P.e Abdominal, Subescapular, Bíceps, etc.
- **Cinta antropométrica**; para medir los perímetros o circunferencias de los segmentos corporales. P.e. Brazo, Pierna, Muslo, etc.
- **Paquímetro o pie de rey**; para medir los diámetros óseos. P.e. Muñeca, Codo, Rodilla, etc.

9.3.3 Índice de masa corporal

El índice de masa corporal (IMC) mantiene, en población no deportista, un alto nivel de correlación con la cantidad de grasa corporal.

Este indicador se utiliza para valorar de forma genérica el estado nutricional y teniendo siempre en cuenta sus importantes limitaciones (cuadro 3.1).

El término equivalente al IMC en inglés es el BMI o Body Mass Index. El IMC o BMI es el resultado de dividir el peso corporal (en kg) entre el cuadrado de la talla (en metros).

$$\text{IMC-BMI} = P/T^2$$

IMC-BMI, Índice de Masa Corporal (Body Mass Index) P, peso corporal (kg) T, estatura (m)

IMC < 18,5 Nivel por debajo del peso normal. IMC > 18,5 – 24,9 Normal IMC > 25,0 – 29,9 Sobrepeso IMC > 30 Obesidad Grado I IMC > 35 Obesidad Grado II IMC > 40 Obesidad Grado III

Cuadro 9.6. IMC y estado nutricional para adultos mayores de 20 años

9. 3.4.- Funciones y niveles recomendados de grasa corporal

La grasa corporal tiene las siguientes funciones:

- **Térmica;** como aislante, para evitar la pérdida de calor del organismo.
- **Biomecánica;** como elemento amortiguador de tejidos en diferentes zonas corporales.
- **Energética;** como sustrato y almacén energético (9 kcal por gramo).
- **Endocrina;** como componente esencial en determinadas hormonas, sobre todo en las hormonas femeninas.

La grasa corporal recomendada que se asocia a un buen estado de salud, fluctúa con la edad y el sexo.

Sexo/Edad	20 -29	30 - 39	40 - 49	50 – 59	+ 60
Hombres	14	15	17	18	19
Mujeres	20	21	22	23	24

Tabla 9.1. Grasa corporal recomendada expresada en porcentaje en relación al sexo y la edad

La grasa corporal esencial corresponde al nivel mínimo e imprescindible para mantener un buen estado de salud.

Hombres	4-5 %
Mujeres	12 – 14 %

Tabla 9.2. Grasa corporal esencial expresada en porcentaje en relación al sexo

9.3.5 Procedimiento para estimar la densidad y la tasa de grasa corporal

Medir la grasa corporal a través de procedimientos indirectos requiere medir el espesor del pánículo adiposo en determinadas zonas del cuerpo y aplicar ecuaciones de regresión lineal para calcular la densidad corporal o el porcentaje de grasa.

Equipamiento necesario

- **Cinta antropométrica**; para localizar con precisión el lugar correcto de medida.
- **Lápiz antropométrico**; para marcar el punto exacto de medida.
- **Caliper / plicómetro / lipómetro**; para medir el espesor del pliegue con precisión el aparato debe estar calibrado correctamente y con una presión constante de 10 g/mm².

Técnica para medir el pliegue

- No se deben medir zonas con la piel dañada (con infección, inflamación o lesión).
- La piel deberá estar en todo momento limpia y seca.
- Durante las mediciones el sujeto debe mantener la musculatura lo más relajada posible.
- Salvo situaciones excepcionales, se recomienda realizar las medidas en el lado derecho del cuerpo.
- Se debe utilizar la cinta métrica para localizar los puntos exactos de medida.
- Se aconseja marcar el lugar preciso con un lápiz dermatográfico.
- En el momento de la medida, el pliegue debe sujetarse con los dedos pulgar e índice con un movimiento suave que lo desprenda de la capa inferior.
- El lipómetro debe colocarse perpendicular al pliegue y con la pinza sobre la zona marcada, con el dial hacia arriba y aproximadamente 1 cm por debajo de los dedos pulgar e índice.
- Esperar a que la medida del pliegue se estabilice y aceptar la medida que se produce después de 1-2 seg, con precisión de 0,5 mm.
- La pinza del lipómetro debe aplicarse en el punto justo, ni excesivamente exterior ni interior. Se aconseja visualizar previamente la zona antes de colocar la pinza.

- Se establece un mínimo de 2 medidas del pliegue y una 3ª en el caso que la diferencia entre la 1ª y la 2ª supere 1 mm.
- Puede suceder que la grasa mantenga un nivel de deformación excesivo durante mediciones muy consecutivas. En ese caso se recomienda minimizar y espaciar las mediciones que se realicen.
- Se recomienda como valor final de la medida el valor medio de las 3 mediciones obtenidas.
- Para una mejor gestión de los datos, se deben anotar todas las medidas obtenidas en la prueba

Localización de los puntos de medida

La selección de los puntos de medida en cada pliegue es un aspecto fundamental para la calidad de la prueba.

En la siguiente tabla se resume la localización y orientación de los pliegues más empleados para estimar la densidad y el porcentaje de grasa corporal.

PLIEGUE	ORIENTACIÓN	LOCALIZACIÓN
Abdominal	Vertical	2-3 cm a la derecha del ombligo
Biceps	Vertical	Punto medio entre axila y fosa cubital anterior
Pectoral	Diagonal	Punto medio entre axila y el pezón
Muslo anterior	Vertical	Punto medio entre el pliegue inguinal y el borde superior de la rótula (se deberá medir con el sujeto sentado y las rodillas con flexión de 90°)
Subescapular	Diagonal hacia abajo y afuera	1-2 cm por debajo del ángulo inferior de la escápula
Suprailíaco	Diagonal hacia abajo e interior	2-3 cm por encima de la cresta ilíaca, desde la línea medioaxilar siguiendo el recorrido natural de la piel

Tabla 9.3. Pliegues más empleados: tipo, orientación y localización.

Ecuaciones para la Estimación de la Densidad Corporal

Modelo de DURNIN & WOMERSLEY (1974):

$$DC = A - B * \text{Log } S$$

DC, densidad corporal

A, coeficiente A

B, coeficiente B

S, suma en mm de los pliegues: biceps, triceps, subescapular y suprailiaco.

HOMBRES	15 – 19 años	20 – 29 años	30 – 39 años	40 – 49 años	+ 50 años
A	1.1620	1.1631	1.1422	1.1620	1.1715
B	0.0630	0.0632	0.0544	0.0700	0.0779

Tabla 9.3 Coeficientes para el cálculo de la densidad corporal en hombres según el modelo de Durnin y Womersley

MUJERES	15 – 19 años	20 – 29 años	30 – 39 años	40 – 49 años	+ 50 años
A	1.1549	1.1599	1.1423	1.1333	1.1339
B	0.0678	0.0717	0.0632	0.0612	0.0645

Tabla 9.4. Coeficientes para el cálculo de la densidad corporal en mujeres según el modelo de Durnin y Womersley

Modelo de JACKSON & POLLOCK (1985) para Hombres:

$$DC = 1.0990750 - 0.0008209*S + 0.0000026 *S^2 - 0.0002017*E - 0.005675CC + 0.018586CA$$

S, suma de los pliegues PECTORAL + ABDOMINAL + MUSLO

E, edad CC, circunferencia de la cintura CA, circunferencia del antebrazo

Modelo de JACKSON & POLLOCK (1985) para Mujeres:

$$DC = 1.1470292 - 0.0009376 * S + 0.0000030 * S^2 - 0.0001156 * E - 0.0005839 * CC$$

S, suma de los pliegues TRICEPS + MUSLO + SUPRAILIACO

E, edad CC, circunferencia de la cadera

Ecuaciones de Regresión para la Estimación de la Grasa Corporal

Modelo de SIRI (1956):

$$\% \text{ GRASA} = [(4.95/DC)] * 100 \quad \text{DC, densidad corporal}$$

Ecuación de FAULKNER:

$$\% \text{ GRASA} = S * 0.153 + 5.783 \quad \text{S, suma de los pliegues: TRICEPS + ABDOMINAL + SUBESCAPULAR + SUPRAILIACO}$$

Ecuación de FAULKNER MODIFICADA:

$$\% \text{ GRASA} = S * 0.1548 + 3.5803$$

S, suma de los pliegues: TRICEPS + ABDOMINAL + SUBESCAPULAR + SUPRAILIACO + MUSLO + PIERNA

9.4.- Evaluación de la Resistencia

9.4.1 Recomendaciones previas

- Para la evaluación de la resistencia en un contexto de actividad física para la salud se recomiendan pruebas de evaluación de carácter submáximo.
- Los test deben realizarse en el mismo equipo en los que posteriormente se realicen las tareas de entrenamiento.

- La elección de los equipos se realizará en función de su disponibilidad en la sala, destreza del usuario, existencia de algún tipo de patología que contraindique algún tipo de actividad y el interés del usuario hacia la práctica de una u otra actividad física.
- Es imprescindible un ajuste preciso de los equipos según criterios ergonómicos (p.e. altura del sillín en un cicloergómetro).
- Especialmente en determinados equipos se recomienda una familiarización previa para adquirir la destreza básica y el ritmo de trabajo más adecuado (p.e. un remoergómetro).
- Los equipos deben permitir la asociación de cómo mínimo dos indicadores que permita realizar una valoración de la carga y sugerir recomendaciones (p.e. una bicicleta de spinning normal no es un buen dispositivo para evaluar capacidades).

9.4.2 Indicadores funcionales

El VO₂ o consumo de oxígeno es un parámetro funcional altamente relacionado con la resistencia aeróbica. El VO₂ mide el oxígeno que es capaz de utilizar el organismo para producir energía y se expresa en l/min, de forma absoluta y en ml/kg/min, de forma relativa

Para medir el VO₂ se pueden utilizar métodos directos o indirectos.

Los métodos directos requieren el análisis de los gases (O₂ y CO₂) que se intercambian durante la realización de un esfuerzo máximo. Son aparatos (Bolsa de Douglas, monitores cardíacos, cinta rodante, etc) bastante complejos, que para su manejo requieren personal especializado y el máximo control de las condiciones de realización.

Los métodos indirectos para valorar el VO₂ máximo se basan en la aplicación de cargas submáximas para relacionar la frecuencia cardíaca con el trabajo físico realizado. Los resultados obtenidos sirven para estimar el VO₂ máximo en base a criterios estadísticos.

PWC 170, Nomograma de Astrand, Nomograma de Margaria, son algunos ejemplos de métodos indirectos para la valoración de la Potencia Aeróbica Máxima o VO₂ max..

En relación al Umbral Aeróbico – Anaeróbico también se pueden diferenciar métodos directos o indirectos para su valoración.

El método directo se fundamenta en el análisis de las muestras de sangre que se pueden obtener en diferentes fases o niveles de esfuerzo predefinidos durante la realización de una tarea motriz de carácter incremental. Los diferentes valores en la concentración de lactato que

se obtienen en este tipo de esfuerzo, configuran una función de tipo exponencial y donde los valores que corresponden a la transición aeróbica –anaeróbica correlacionan de forma elevada con un punto de inflexión valorado entre 2 y 4 mM/l (Janssen).

El método indirecto o ventilatorio para medir el umbral anaeróbico se apoya en la gran similitud entre la curva de producción de lactato y la curva de ventilación respiratoria. Los puntos de inflexión en ambas funciones presentan un grado de correlación muy elevado.

Como consecuencia práctica se puede establecer que la intensidad de esfuerzo que provoca un incremento brusco de la frecuencia ventilatoria correspondería a un valor muy próximo a la transición aeróbica-anaeróbica..

En relación a la presión arterial, está comprobado que el esfuerzo modifica sus valores normales de reposo y la variación que se produce suele ser mayor en presión sistólica que diastólica.

El cociente respiratorio es un parámetro de cierta utilidad que se obtiene en pruebas de laboratorio y método directo en la valoración de VO₂.

El cociente respiratorio relaciona la producción de CO₂ emitido con el O₂ consumido. $RQ = VCO_2 / VO_2$. El RQ informa sobre el sustrato energético que el sujeto utiliza durante el esfuerzo. $RQ < 1$ implica un metabolismo de ácidos grasos; $RQ = 1$ supone utilización de glucógeno muscular; $RQ > 1$, implica un metabolismo de glucógeno muscular y hepático y es un indicio de activación y dependencia del metabolismo anaeróbico láctico.

El $RQ > 1$ es uno de los criterios indispensables que se utilizan para saber si un sujeto ha alcanzado el VO₂ máximo en una prueba de laboratorio.

9.4.3 Frecuencia cardiaca

La frecuencia cardiaca es el indicador de carga más empleado en la evaluación y el control de programas de actividad física para la salud. Tal y como proponen Janssen y Banister et al. el control de la frecuencia cardiaca se confirma como un indicador funcional de carga de entrenamiento del alto valor metodológico.

Ahora bien, en el contexto del entrenamiento físico, la frecuencia cardiaca por si sola no proporciona una información completa. Resulta indispensable asociar a este indicador otros de carácter físico (velocidad, potencia, etc), para que, de esta forma, las conclusiones que se puedan derivar de su relación sean realmente útiles en la ejecución de programas de entrenamiento para la salud.

A continuación se presenta una información básica relativa a la frecuencia cardiaca como indicador funcional de intensidad de carga:

- **Se mide** en latidos por minuto (lat / min).

- **Valores normales en reposo:** 72 lat/min para hombres y 80 lat/min para mujeres.
- **Valores máximos teóricos:** en función de la edad. Para predecir la frecuencia cardiaca máxima teórica se pueden aplicar algunos de los siguientes modelos:
 - *Modelo de Londeree e Moeschberger (1980):* $FCM=206,3 - 0,711*Idade$
 - *Modelo de Miller (1993):* $FCM=217 - 0,85*Idade$
 - *Modelo de Miller para poboación obesa:* $FCM=200 - 0,5*Idade$
- **Reserva de la frecuencia cardiaca (RFC):** diferencia entre la FC máxima teórica y la FC de reposo (Karvonen). Sus valores oscilan entre 100 y 150 latidos. $RFC = FC_{m\max} - FRC_{\text{reposo}}$.
- **Intensidad relativa:** se puede expresar en % de FCD max teórica o % de RFC
- **Intensidad Umbral Anaeróbico (Uan):** entre el 70 – 90 % de la FC máxima teórica. En función de la edad, sexo y grado de adaptación al esfuerzo.
- **Intensidad Umbral Aeróbico (Uae):** entre 60 – 80 % de la FC máxima teórica. En función de la edad, sexo y grado de adaptación al esfuerzo.
- **Diferencia porcentual entre Uae y Ua o Zona de Transición Aeróbica-Anaeróbica:** alrededor de un 10 % para valores relativos a % de FC máxima teórica.
- **Intensidad crítica:** intensidad equivalente al valor de FC que corresponde al umbral anaeróbico.
- **Sistemas de control:** manual (en arteria radial, arteria carótida o torax) o a través de monitorización por pulsometro (*polar, cardiosport, etc*).
- **Intervalos recomendados para el control manual;** 10 segundos para sujetos inexpertos en situaciones de reposo o de recuperación en fase lenta. 6 segundos para sujetos expertos en situaciones de reposo, postesfuerzo o de recuperación en fase rápida y lenta.
- **Relación FC – Intensidad:** lineal por debajo de intensidad crítica.

9.4.4 Relación entre indicadores funcionales y físicos

- La frecuencia cardiaca y la intensidad mantienen una relación lineal por debajo de intensidad crítica (Gráfico 9.1).
- A partir de intensidad crítica la frecuencia cardiaca tiende a estabilizarse en un valor máximo (Gráfico 9.1).
- El tramo de inflexión que se produce en la función que representa la relación entre intensidad y frecuencia cardiaca corresponde al valor de intensidad crítica o transición aeróbica – anaeróbica (Gráfico 9.1).

- El valor de intensidad crítica correlaciona fuertemente con el umbral ventilatorio (Gráfico 9.2).
- El “comfort” respiratorio durante el esfuerzo indica un nivel de esfuerzo predominantemente aeróbico.
- Por el contrario, la dificultad para ventilar es un indicador de un nivel de esfuerzo por encima de intensidad crítica y predominantemente anaeróbico.
- Para un nivel de intensidad por debajo y próximo a intensidad crítica, la frecuencia cardiaca se incrementa con la duración del ejercicio (Gráfico 9.3).
- La variación de frecuencia cardiaca que se produce con la duración del esfuerzo está en función del grado de adaptación del sujeto al esfuerzo.
- El entrenamiento produce pequeñas mejoras del VO₂ máximo (aproximadamente un 10 – 20 %).
- Sin embargo, el entrenamiento puede mejorar significativamente el % de VO₂ máximo que se puede mantener en esfuerzos prolongados (90 – 95 % de VO₂ máximo) (Gráfico 9.4).
- El umbral aeróbico se sitúa aproximadamente un 10 % por debajo del umbral aeróbico.
- El umbral anaeróbico corresponde aproximadamente entre el 90 y 70 % de la FC máxima (Gráfico 9.4).

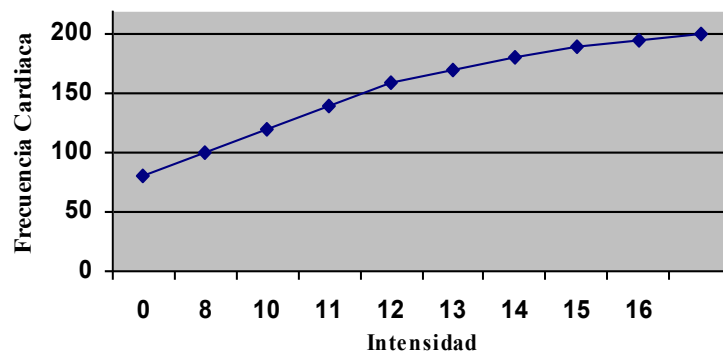


Gráfico 9.1. Relación entre intensidad y frecuencia cardiaca

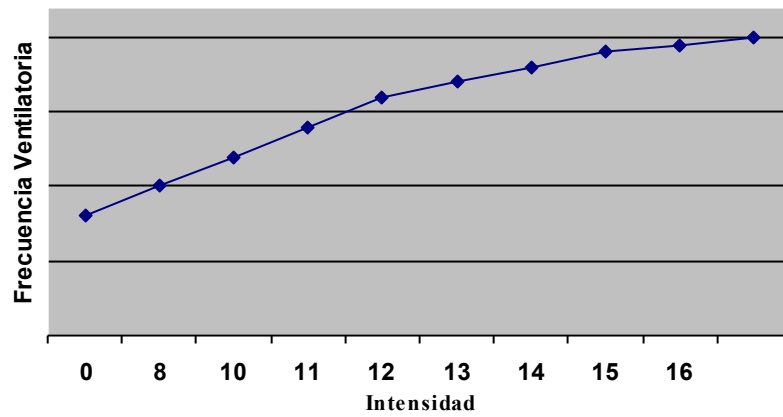


Gráfico 9.2. Relación entre intensidad y frecuencia ventilatoria

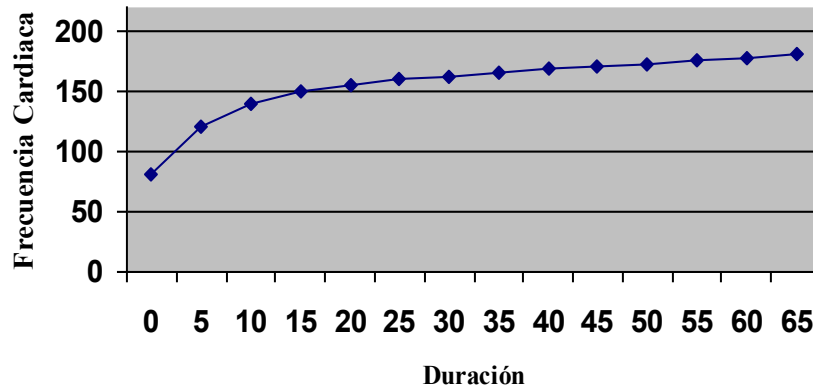


Gráfico 9.3. Evolución de la frecuencia cardiaca con la duración del esfuerzo para una carga externa constante

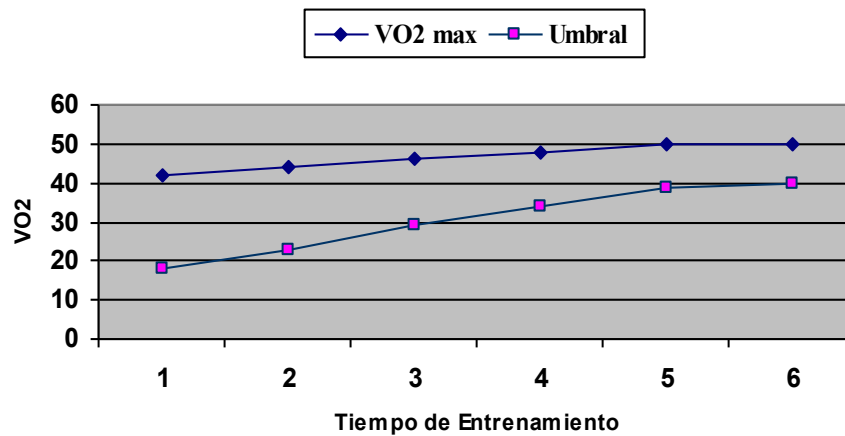


Gráfico 9.4. Evolución del VO2 máximo y el % de VO2 máximo que puede ser mantenido durante un periodo prolongado (Intensidad Crítica).

9.4.5 Escalas de Percepción de Carga

La percepción del esfuerzo es la sensación que tiene un individuo sobre la intensidad de carga con la que desempeña un trabajo físico. Para medir la intensidad percibida de carga en diferentes estudios de investigación se proponen diversas escalas de valoración de tipo cuantitativo y/o cualitativo.

Medir la intensidad de la carga a través de escalas se puede considerar un método razonablemente fiable y fácil de aplicar prácticamente a cualquier tipo de persona. Cooper propone en 1968 una escala para valorar de forma integrada la duración e intensidad en actividades aeróbicas. Posteriormente, la escala RPE de Borg se confirma como un instrumento muy extendido para medir la intensidad percibida durante la realización de actividades que requieren esfuerzo físico.

A la hora de simplificar un método para el control de la intensidad de carga, la aplicación de escalas de intensidad percibida suponen herramientas de utilidad práctica en el ámbito del fitness al facilitar de modo integral el control de la intensidad las tareas y las sesiones de trabajo. La escala RPE original fue propuesta por Borg en 1970 (tabla 9.5) y se ha confirmado como un método válido como marcador de intensidad global debido a su alta relación positiva con la frecuencia cardíaca

PUNTUACIÓN	VALORACIÓN DEL ESFUERZO
6	Muy, muy ligero
7	
8	
9	Muy ligero
10	
11	Moderado
12	
13	Algo duro
14	
15	Duro
16	
17	Muy duro
18	
19	Muy, muy duro
20	Máximo, extenuante

Tabla 9.5. Escala RPF propuesta por Borg (1970)

El nivel 17 – 18 corresponde con nivel de intensidad crítica (umbral aenaeróbico). En su momento la escala RPE de Borg se validó midiendo su relación con la frecuencia cardíaca.

En el proceso de validación se encontró un elevado grado de correlación positiva entre ambas variables.

9.4.6 Pruebas para el pronóstico / estimación del VO2 máximo.

Son pruebas de tipo indirecto con protocolos submáximos donde se relacionan variables a partir de modelos de regresión lineal. Para la valoración del VO2 en salas de fitness se recomiendan las siguientes pruebas:

QUEENS COLLEGE STEP TEST (1973)

OTRAS DENOMINACIONES: test de Mc Ardle

OBJETIVO: Estimar el VO2 máximo.

MATERIAL: metrónomo o sonido grabado del ritmo de subida, un escalón de 41,3 cm de altura, un cronómetro y un pulsómetro (opcional).

PROTOCOLO: subir y bajar durante 3 min un escalón de 41,3 cm de altura y a un ritmo de 24 pasos /min (hombres) y 22 pasos/min (mujeres).

NORMAS: se debe controlar la frecuencia cardiaca en los 15 seg posteriores a la finalización del ejercicio.

UNIDAD DE MEDIDA: ml/kg/min

ECUACIÓN:

$$\text{VO2 max (ml/kg/min)} = 111,33 - 0,42 * (\text{Latidos en 15"}) * 4 \quad \text{Hombres}$$

$$\text{VO2 max (ml/kg/min)} = 65,81 - 0,1847 * (\text{Latidos en 15"}) * 4 \quad \text{Mujeres}$$

TEST DE ROCKPORT (1987)

OTRAS DENOMINACIONES: test de la caminata

OBJETIVO: Estimar el VO2 máximo.

MATERIAL: un cronómetro y un pulsómetro (opcional).

INSTALACIONES; al aire libre un lugar sin pendientes y con posibilidad de control de la distancia (p.e. una pista de atletismo). También se puede adaptar a un tapiz rodante que permita en tiempo real el control de la velocidad de desplazamiento, los metros recorridos y el tiempo invertido.

PROTOCOLO: recorrer caminando 1609 m en el menor tiempo posible.

NORMAS: se debe controlar la frecuencia cardiaca al finalizar la prueba.

UNIDAD DE MEDIDA: ml/kg/min

ECUACIÓN:

$$\text{VO2 max (ml/kg/min)} = 132.6 - (0.17 * W) - (0.39 * A) + (6.31 * S) - (3.27 * t) - (0.156 * HR)$$

W, peso corporal (Kg) **A**, edad (años) **S**, sexo (hombres =1, mujeres=0) **t**, tiempo (minutos y valor decimal) **HR**, frecuencia cardíaca (lat/min)

TEST DE GEORGE-FISHER (1993)

OTRAS DENOMINACIONES: carrera de 2,4 km.

OBJETIVO: Estimar el VO2 máximo.

MATERIAL: un cronómetro y un pulsómetro (opcional).

INSTALACIONES: pista de atletismo (recomendada).

PROTOCOLO: correr 1,5 milla (2,4 km) a ritmo moderado y constante después de 400 m de calentamiento para alcanzar el grado de activación funcional y el ritmo óptimo que requiere la prueba.

CRITERIOS DE VALIDEZ:

Tiempo: más de 8 minutos (hombres) y más de 9 minutos (mujeres).

Frecuencia cardíaca: inferior a 180 lat/min.

ECUACIÓN DE REGRESIÓN:

Para individuos entre 18 y 29 años:

$$\text{VO2 max (ml/kg/min)} = 100,5 + 8,334*S - 0,1636*W - 1,438*t - 0,1928*HR$$

W, peso corporal (Kg) **A**, edad (años) **S**, sexo (hombres =1, mujeres=0) **t**, tiempo (minutos y valor decimal) **HR**, frecuencia cardíaca (lat/min)

Para individuos de más de 30 años:

El VO2 se corrige multiplicando el resultado por un coeficiente en función de la edad (tabla 9.5).

Edad Coeficiente

15	1,04
20	1,02
25	1,00
30	0,97
35	0,95
40	0,93
45	0,91
50	0,88
55	0,86
60	0,82
65	0,80

Tabla 9.5. Factores de corrección según la edad. Sharkey (1991)

9.4.7 Test de campo y de laboratorio adaptados al equipamiento de salas de fitness

PWC 170

OTRAS DENOMINACIONES: Test para la Valoración de la Capacidad de Trabajo Físico a 170 Latidos por Minuto, Test para la Estimación de Intensidad Crítica.

OBJETIVO: estimar la intensidad crítica teniendo en cuenta la relación lineal que se produce entre la intensidad de carga a nivel submáximo y la frecuencia cardiaca.

MATERIAL: tapiz rodante, cicloergómetro, remoergómetro, ergómetros en general, cronómetro, pulsómetro y analizador de lactato (opcional).

INSTALACIONES: sala de fitness.

PROTOCOLO:

Día 1: encontrar la carga, expresada en unidades de potencia o velocidad, que permita un esfuerzo de 6 – 8 minutos a una frecuencia cardiaca entre 120 – 140 lat/min. Tener en cuenta las frecuencias óptimas en cicloergómetros (70 -80 r.p.m.) y remoergómetros (20 -30 paladas/min). Se registra la frecuencia cardiaca final y la velocidad o potencia media desarrollada.

Día 2: encontrar la carga, expresada en unidades de potencia o velocidad, que permita un esfuerzo de 6 – 8 minutos a una frecuencia cardiaca entre 150 - 170 lat/min. Tener en cuenta las frecuencias óptimas en cicloergómetros (70 -80 r.p.m.) y remoergómetros (20 -30

paladas/min). Se registra la frecuencia cardiaca final y la velocidad o potencia media desarrollada.

NORMAS: la intensidad de la carga será constante y adaptada a la capacidad física del sujeto.

CÁLCULO DE PWC 170: la capacidad de trabajo físico a 170 lat/min corresponde, en sujetos jóvenes, a la intensidad crítica o umbral anaeróbico. Con este protocolo, el cálculo se puede realizar de forma directa o indirecta. En el caso que no se pueda obtener su valor directamente, se calcula estimando su valor en función de la relación lineal que se produce entre los valores obtenidos. También resulta práctico adaptar el objetivo del test a la edad, es decir medir la PWC al 85 % de la frecuencia cardiaca máxima para cada sujeto.

Ejemplo 1: un joven de 20 años acude al gimnasio para realizar un programa de acondicionamiento físico general. Realiza un test de PWC 170 en tapiz rodante con el siguiente resultado:

Día	Velocidad (km/h)	Frecuencia Cardiaca (lat/min)
1	12	140
2	14	160

Calculamos la proporción que existe entre las dos variables:

$$14 - 12 = 2 \text{ km/h}$$

$$160 - 140 = 20 \text{ lat/min}$$

El resultado del test indica que una modificación de 2 km/h modifica 20 lat/min la frecuencia cardiaca en esfuerzos por debajo de intensidad crítica. Esto significa que 1 km/h modifica 10 lat/min. Si una carga de 14 km/h supone un nivel de carga interna de 160 lat/min, y debido a la relación en este caso de velocidad/ FC = 1/10, el valor de **PWC 170 (intensidad crítica)** para este joven será de **15 km/h**.

Ejemplo 2: una mujer de 40 años acude al gimnasio para iniciar un programa de resistencia aeróbica que le ayude a reducir su nivel de grasa corporal un 5%. El supervisor de su programa propone la realización de un test según el protocolo de PWC 170 en tapiz rodante. Debido a la edad de esta mujer y aplicando el criterio de medir su capacidad de trabajo físico a su nivel de intensidad crítica se adapta el objetivo del test a su edad y se plantea medir su PWC al 85 % de su FC máxima teórica, es decir a 150 latidos / min. Una vez realizadas las adaptaciones oportunas, el resultado del test fue el siguiente:

Día	Velocidad (km/h)	Frecuencia Cardiaca (lat/min)
1	9	130
2	10	150

En este caso el cálculo de la proporción entre las dos variables no es necesario debido a que en una de las mediciones se relaciona directamente con 150 lat/min.

En este caso, por tanto, la **PWC 150** será igual a **10 km/h**.

TEST DE GEORGE-FISHER ADAPTADO A TAPIZ RODANTE

OTRAS DENOMINACIONES: carrera de 2,4 km, carrera de 1 milla.

OBJETIVO: Estimar el VO₂ máximo.

MATERIAL: tapiz rodante, cronómetro y pulsómetro (opcional).

INSTALACIONES: sala de fitness

PROTOCOLO: a través del protocolo de PWC 170, correr 1 milla (2,4 km) a ritmo moderado y constante sobre tapiz rodante a la velocidad que corresponda al 65 -75 % de la frecuencia cardiaca máxima.

CRITERIOS DE VALIDEZ:

Tiempo mínimo: más de 8 minutos (hombres) y más de 9 minutos (mujeres).

Frecuencia cardiaca: inferior a 180 lat/min.

ECUACIÓN DE REGRESIÓN.

$$\text{VO}_2 \text{ max (ml/kg/min)} = 100,5 + 8,334*S - 0,1636*W - 1,438*t - 0,1928*HR$$

W, peso corporal en Kg

S sexo, 0 = mujeres y 1= hombres **t** tiempo de la prueba en minutos y valor decimal
HR, frecuencia Cardiaca, en lat/min

Ejemplo: un joven de 20 años y 70 kg acude al gimnasio para realizar un programa de acondicionamiento físico general. Realiza un test de PWC 170 en tapiz rodante con el siguiente resultado:

Día	Velocidad (km/h)	Frecuencia Cardiaca (lat/min)
1	12	140
2	14	160

Calculamos la proporción que existe entre las dos variables:

$$14 - 12 = 2 \text{ km/h}$$

$$160 - 140 = 20 \text{ lat/min}$$

El resultado del test indica que una modificación de 2 km/h modifica 20 lat/min la frecuencia cardiaca en esfuerzos por debajo de intensidad crítica.

El 70 % de su frecuencia cardiaca máxima teórica suponen 140 lat/min, y la velocidad asociada a este valor 12 km /h.

Después de un calentamiento progresivo de 2 minutos (1º minuto a 10 km/h y 2º minuto a 11km/h) se ajusta la velocidad del tapiz rodante a una velocidad constante de 12 km/h y se comprueba el tiempo invertido en alcanzar los 2,4 km y se mide la frecuencia cardiaca al final del test.

El resultado fue el siguiente:

$$t = 12 \text{ minutos} \quad \text{HR} = 160 \text{ lat/min}$$

Aplicando la ecuación de regresión que corresponde al test de George-Fisher:

$$\text{VO2 max (ml/kg/min)} = 100,5 + 8,334*S - 0,1636*W - 1,438*t - 0,1928*HR$$

W, peso corporal en Kg **S** sexo, 0 = mujeres y 1= hombres **t** tiempo de la prueba en minutos y valor decimal **HR**, frecuencia Cardiaca, en lat/min

$$\text{VO2 max} = 100,5 + 8,334 - 0,1636*70 - 1,438*12 - 0,1928*160 = \mathbf{49,3 \text{ ml/kg/min}}$$

Aplicamos el factor de corrección para sujetos de 20 años:

$$\text{VO2 max} = 49,3*1,02 = \mathbf{50,28 \text{ ml/kg/min}}$$

9.4.8 Cálculos metabólicos

Consumo energético mínimo diario. El Ritmo Metabólico Basal (RMB)

El RMB representa aproximadamente el 65 -75 % de las Kcal que se consumen diariamente.

$$1 \text{ Met} = 3,5 \text{ ml/kg/min} = 1,25 \text{ Kcal /min} = 0,25 \text{ l/min (VO}_2\text{)}$$

$$\text{En hombres: RMB} = 66,47 + 13,75*W + 5*H - 6,76*A$$

$$\text{En mujeres: RMB} = 65,51 + 9,56*W + 1,85*H - 4,68*A$$

RMB, en Kcal/día **W** (peso/weight), en Kg **H** (estatura/high), en cm **A** (edad/age), en años

Ejemplo; cuál es el RMB de una mujer de 40 años, que pesa 70 kg y mide 170 cm de altura.

$$\text{RMB} = 65,51 + 9,56*70 + 1,85*170 - 4,68*40 = \underline{862 \text{ Kcal/día}}$$

Ritmo Metabólico durante el Ejercicio:

Intensidad	Kcal/min	VO ₂ (l/min)	VO ₂ (ml/kg/min)	METS
Baja	2,5 - 5	0,5 - 1	10 -17	3 - 5
Media	5 -10	1 - 2	20 -35	6 - 10
Alta	12 - 20	2,5 - 4	40 - 50	11 -15

Tabla 9.6. Consumo energético y coste de O₂ durante diferentes niveles de intensidad de ejercicio en sujetos jóvenes.

VO₂ al caminar entre 50 y 100 m por minuto (entre 10 y 20 minutos /kilómetro):

$$\text{VO}_2 \text{ (ml/kg/min)} = 3,5 + 0,1*V + 1,8*V*P$$

V velocidad en m/min **P** pendiente en sistema decimal (p.e 5%= 0,05)

Ejemplo; cuál es el VO₂ de una persona que camina a 15 minutos /kilómetro en terreno sin pendiente.

$$\text{VO}_2 \text{ (ml/kg/min)} = 3,5 + 0,1*75 + 1,8*75*0 = \underline{11 \text{ ml/kg/min}}$$

VO₂ al correr a más de 134 m por minuto (más de 7 min/km):

$$\text{VO}_2 \text{ (ml/kg/min)} = 3,5 + 0,2*V + 0,9*V*P$$

V velocidad en m/min **P** pendiente en sistema decimal (p.e 5%= 0,05)

Ejemplo 1; cuál es el VO₂ de una persona que corre a 10 km/h en terreno con pendiente del 10%.

$$10 \text{ km/h} = 1000 \text{ m/km} * 1\text{h}/60 \text{ min} = 1000 /6 \text{ m/min} = \mathbf{166,66 \text{ m/min}}$$

$$VO_2 \text{ (ml/kg/min)} = 3,5 + 0,2*166,66 + 0,9*166,66*0,10 = \mathbf{51,82 \text{ ml/kg/min}}$$

Ejemplo 2; cuál es el gasto energético en Kcal de una persona de 100 kg que corre a 10 km/h en terreno con pendiente del 10% durante 10 minutos.

$$51,82 \text{ ml/kg/min} = 5,182 \text{ l/min} * 5 = 25,9 \text{ kcal / min}$$

$$\text{En 10 minutos se consumen } 10 \text{ min} * 25,9 \text{ Kcal} = \mathbf{259 \text{ Kcal}}$$

VO2 en cicloergómetro:

$$VO_2 \text{ (ml/kg/min)} = 3,5*W + 2*P$$

W peso corporal en Kg P potencia en Kgm/min

Ejemplo; cuál es el coste de oxígeno y el consumo de calorías estimado para un ciclista de 70 kg que pedalea a una potencia de 500 kgm/min.

$$VO_2 \text{ (ml/min)} = 3,5*70 + 2*500 = \mathbf{1245 \text{ ml/min}}$$

$$VO_2 \text{ (ml/kg/min)} = 1245/70 = \mathbf{20,75 \text{ ml/kg/min}}$$

$$1 \text{ Met} = 3,5 \text{ ml/kg/min} = 1,25 \text{ Kcal /min}$$

$$20,75 \text{ ml/kg/min} = 20,75/3,5 \text{ met} = 5,92 \text{ met} = \mathbf{7,41 \text{ kcal/min}}$$

VO2 en escalón o escaleras:

$$VO_2 \text{ (ml/kg/min)} = 0,35*N + (H*N*1,33)*1,8$$

N frecuencia de subida en pasos/min H altura del escalón en m/paso

Ejemplo; cuál es el coste de oxígeno y el consumo de calorías estimado para una persona de 80 kg que sube una escalera con un peldaño de 20 cm a un ritmo de 20 subidas/min.

$$VO_2 \text{ (ml/kg/min)} = 0,35*20 + (0,20*20*1,33)*1,8 = 7 + 9,57 = \mathbf{16,57 \text{ ml/kg/min}}$$

$$VO_2 \text{ (l/min)} = (16,57 * 80)/1000 = 1,325 \text{ l/min}$$

$$\text{Consumo Calorías} = 1,325 * 5 = \mathbf{6,62 \text{ Kcal/min}}$$

9.5.- Evaluación de la fuerza

9.5.1 Recomendaciones previas.

La fuerza es uno de los componentes fundamentales de la condición física. Es una cualidad física que depende en gran medida de la capacidad funcional del sistema neuromuscular y es altamente entrenable.

Dentro del ámbito del fitness, se entiende como fuerza a la capacidad física de producir el movimiento a través de las posibilidades funcionales del sistema locomotor y nervioso: el músculo esquelético, los huesos, las articulaciones y el SNC.

El músculo esquelético es el órgano especializado del aparato locomotor en producir movimiento, a través de los mecanismos de contracción muscular específicos de la fibra muscular y con el control indispensable del sistema nervioso central.

Según Stubler, existen diferentes manifestaciones de la fuerza en el ámbito del fitness:

- ***Fuerza Máxima;*** corresponde al máximo nivel de carga que se consigue desplazar en un movimiento.
- ***Fuerza Velocidad;*** corresponde a la máxima potencia o la mejor relación entre la carga y la velocidad desarrollada.
- ***Fuerza Resistencia;*** corresponde a la máxima carga que se puede desplazar o soportar durante un tiempo prolongado sin manifestar síntomas excesivos de fatiga.

En el ámbito del fitness destaca el desarrollo de la fuerza velocidad y de la fuerza resistencia. La primera mejora especialmente los procesos coordinativos y la segunda la hipertrofia muscular (aumento de peso magro) y la resistencia.

9.5.2 Carga óptima para el desarrollo de la fuerza resistencia

La ejecución de repeticiones máximas por serie es una forma eficaz y práctica de acercarse a la intensidad óptima, sobre todo para el entrenamiento de fuerza orientado al desarrollo de la resistencia e hipertrofia muscular.

La intensidad expresada en repeticiones máximas por serie sirve para individualizar las cargas y acercarnos de forma más eficaz al objetivo del entrenamiento planteado.

Este sistema es muy útil y práctico, tanto en principiantes como para deportistas avanzados.

Esta forma de valorar la intensidad permite estimar intensidades máximas absolutas y relativas.

Feser (1971) y Letzelter (1990) establecieron la siguiente relación entre carga y repeticiones máximas por serie (tabla 5.1):

% CARGA	REP MAX/SERIE	RM
100	1	1 RM
94	3	3 RM
86	5	5 RM
70	10	10 RM

Tabla 5.1. Relación entre % de carga y repeticiones máximas

Estos valores no son iguales ni para todas las personas ni para todos los ejercicios (complejidad, técnica, grupos musculares, etc).

TEST DE REPETICIONES MÁXIMAS

OBJETIVO; conocer de forma directa e indirecta los valores de carga que corresponden a un rango entre 3 y 15 RM.

MÉTODO; directo e indirecto.

NIVEL DE CARGA; submáximo, entre 3 y 15 RM.

PROTOCOLO; de forma exploratoria realizamos repeticiones máximas de tal forma que obtengamos dos valores directos entre 15 y 3 RM y con una diferencia mínima de 3 – 4 repeticiones. Los descansos entre series deben ser lo suficientemente amplios para favorecer una adecuada recuperación de la fatiga acumulada.

MATERIAL; máquinas de musculación, mancuernas, barras y discos de halterofilia.

INSTALACIONES; sala de fitness

CRITERIOS DE VALIDEZ PARA LAS REPETICIONES; una repetición no es válida (forzada) cuando en la ejecución del movimiento:

- Se modifica substancialmente su estructura.
- Se reduce de modo importante su recorrido.
- Se disminuye notablemente la velocidad.

ECUACIÓN; se establece el modelo de regresión lineal a partir de los dos valores directos estableciendo la proporcionalidad entre las dos variables (peso y repeticiones máximas). A partir de esta relación se pueden estimar todos los valores de RM en un rango de 1 a 15 RM.

Ejemplo: un joven de 25 años acude al gimnasio para realizar un programa de acondicionamiento físico general. Para conocer su nivel de fuerza resistencia realiza un test de repeticiones máximas con cargas submáximas en cada uno de los ejercicios programados en los que utiliza máquinas, mancuernas y pesas. En un ejercicio de press de banca obtiene el siguiente resultado:

<i>CARGA (Kg)</i>	<i>REPETICIONES MÁXIMAS (RM)</i>
30	12
40	7

La relación de proporcionalidad entre las dos variables se calcula:

$$30 - 40 = 10 \text{ Kg}$$

$$12 - 7 = 5 \text{ repeticiones}$$

$$10 \text{ Kg}/5 \text{ rep} = \mathbf{2 \text{ kg/rep}}$$

La relación entre variables nos indica que cada 2 Kg de variación de carga aumenta/disminuye 1 repetición.

Por tanto, en función de este resultado los valores entre 1 y 15 RM serían:

CARGA	RM	% 1RM
52	1RM	100
50	2RM	96

48	3RM	92
46	4RM	88
44	5RM	84
42	6RM	80
40*	7RM	76
38	8RM	73
36	9RM	69
34	10RM	65
32	11RM	61
30*	12RM	57
28	13RM	53
26	14RM	50
24	15RM	46

*** Valores directos**

5.3 Carga óptima para el desarrollo de la potencia

La velocidad de ejecución es un factor crítico en la eficacia del entrenamiento de fuerza.

El entrenamiento a baja velocidad desarrolla la fuerza a baja velocidad y no tiene efectos significativos sobre la fuerza a alta velocidad.

La velocidad de ejecución es una forma de incrementar la intensidad del entrenamiento.

Cuanta más alta sea la velocidad, más alta es la intensidad y mayor será el efecto neuromuscular.

Para una misma resistencia, cuanto mayor sea la velocidad mayor es la potencia desarrollada.

La velocidad de ejecución influye en la frecuencia de estímulo y reclutamiento de las fibras musculares y, con cargas altas, mejora la sincronización de las unidades motoras y potencia una hipertrófia selectiva de las fibras tipo II o FT, fundamentales en el rendimiento de fuerza rápida.

La ejecución de cargas óptimas con velocidad lenta provocará adaptaciones en las fibra musculares tipo I y por consiguiente una disminución en la velocidad de contracción del músculo (Thihany, 1989).

Las cargas intermedias desplazadas a máxima velocidad son las más adecuadas para el desarrollo de la potencia muscular.

La evaluación de cargas para el entrenamiento de la potencia persigue un doble objetivo: identificar el nivel de carga más adecuado y el número de repeticiones óptimo por serie.

TEST DE CARGA Y REPETICIONES ÓPTIMAS

OBJETIVO; conocer de forma directa los niveles de carga que desarrollan mayores niveles de potencia.

MÉTODO; directo.

NIVEL DE CARGA; submáximo, entre 5 y 15 RM.

PROTOCOLO; realizamos un test de repeticiones máximas y obtenemos los valores estimados entre 5 y 15 RM. Consideramos tres niveles de carga, 15, 10 y 5 RM y realizamos como máximo el 80% de las repeticiones a máxima velocidad en movimiento contrarresistencia y con el dinamómetro conectado a la barra o bloque de placas. Registramos el nivel de potencia obtenido en cada serie y para cada repetición.

MATERIAL: máquinas de musculación, mancuernas, barras y discos de halterofilia, dinamómetro “fitrodyne” o “musclelab”.

INSTALACIONES: sala de fitness

CRITERIOS DE VALIDEZ PARA LAS REPETICIONES ÓPTIMAS; repeticiones que desarrollen entre el 100 y 90 % de la potencia máxima en la serie.

EVALUACIÓN DEL RESULTADO; de los tres niveles de carga se debe identificar aquel donde las repeticiones producen un mayor nivel de potencia expresada en watos y que corresponderá con el nivel óptimo de carga para el entrenamiento de la potencia.

Ejemplo: una mujer de 30 años acude al gimnasio para realizar un programa de acondicionamiento físico general. Para conocer su nivel de carga más adecuado para desarrollar la potencia muscular realiza un test según el protocolo anterior en una polea dorsal con el siguiente resultado:

<i>Repetición</i>	<i>5 RM</i>	<i>10 RM</i>	<i>15 RM</i>
1	900 wat	1000 wat	950 wat
2	850 wat	970 wat	950 wat
3	825 wat	970 wat	930 wat
4	680 wat	950 wat	920 wat
5		900 wat	900 wat
6		850 wat	860 wat
7		730 wat	800 wat
8			750 wat

La carga de 10 RM es la que manifiesta niveles superiores de potencia respecto a las demás en el rango de repeticiones por encima del 90 % del máximo valor desarrollado (1000 vatios). Por tanto, el nivel de carga más adecuado para esta persona es del **10 RM** frente a los demás niveles.

El nivel óptimo de **repeticiones** para 10 RM se establece en **5 -6**. Por debajo de este nivel la potencia desarrollada está muy alejada del valor máximo alcanzado en la serie (normalmente corresponde al 50 % de las repeticiones máximas que permite la carga).

9.6.- Evaluación de la Flexibilidad

9.6.1 Introducción.

Flexibilidad es la capacidad de producir movimiento con amplitud articular máxima.

La estructura o forma de la articulación, la elasticidad muscular, los mecanismos reflejos (reflejo miotáctico) y la temperatura corporal son los factores internos que la determinan.

Edad, sexo, temperatura externa, momento del día y medio (agua, aire, ..) son factores que también condicionan de manera importante esta cualidad física básica.

Los ejercicios de flexibilidad se fundamentan en la adopción de posturas y realización de movimientos que favorezcan la elongación o el estiramiento de la musculatura esquelética.

En los ejercicios de flexibilidad es indispensable que se produzca un alejamiento más o menos sostenido del origen e inserción de los grupos musculares vinculados a la articulación o articulaciones en las que pretendemos mejorar su movilidad.

Básicamente se indican tres métodos para el desarrollo de la flexibilidad:

- ***Método estático***; se fundamenta en el mantenimiento de posturas que favorecen el máximo estiramiento muscular sin dolor. Estiramientos mantenidos entre 10 y 30 segundos seguidos de periodos de relajación muscular entre 5 – 10 seg.
- ***Método dinámico***: se realizan movimientos dinámicos al máximo de amplitud articular. Pueden realizarse con o sin carga externa (p.e. ejercicios de fuerza submáxima realizados al máximo de amplitud articular).
- ***Método FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva)***; variante del método estático que busca una mayor inhibición del reflejo miotáctico por medio de una contracción muscular previa al estiramiento estático.

La ejecución de los ejercicios de flexibilidad puede ser activa (de acuerdo con la actividad muscular desarrollada) o pasiva (conforme a fuerzas externas).

Habitualmente forman parte del calentamiento y de la parte final de la sesión de entrenamiento.

Normalmente para su mantenimiento o desarrollo, las secuencias de ejercicios incluyen alrededor de 12 ejercicios, que pueden realizarse de manera individual o en grupo.

Es importante señalar que se debe mantener un nivel de concentración muy elevado durante su ejecución para que ese tipo de ejercicios resulten más eficaces.

Conviene destacar también la posibilidad de realizar ejercicios de flexibilidad en el agua, bajo determinadas condiciones térmicas, debido a la importante reducción de la fuerza

de gravedad, factor junto con una adecuada temperatura, que facilita una mayor relajación muscular durante la ejecución de este tipo de ejercicios.

9.6.2 Indicadores para la evaluación de la flexibilidad

Para evaluar la flexibilidad resulta indispensable medir la amplitud de los movimientos en cada articulación o conjunto de articulaciones y para ello se pueden emplear:

- ***Indicadores angulares (radianes, grados);*** se miden a través de medidores de ángulos (goniómetros) formados por reglas, que se fijan a los ejes longitudinales de los segmentos que forman parte de la articulación, y un transportador de ángulos que cuantifica el resultado.
- ***Indicadores lineales (cm, m);*** a través de reglas se miden distancias alcanzadas en determinados movimientos forzados. Requieren correcciones en la valoración del resultado ya que éste se encuentra influido de manera importante por las dimensiones corporales.

9.6.3 Consideraciones metodológicas respecto a la evaluación de la flexibilidad

Según Godik (1989):

- En el caso de evaluar la flexibilidad pasiva se debe tener en cuenta la magnitud de la carga que produce el movimiento y el umbral de dolor del sujeto. Estos dos factores pueden producir resultados de escasa fiabilidad.
- La diferencia entre magnitudes de flexibilidad activa y pasiva se denomina “déficit de flexibilidad activa” y es un indicador sobre el estado del sistema muscular del sujeto.
- Se deberá medir la flexibilidad en condiciones normalizadas: hora del día, temperatura externa y calentamiento.
- El resultado de un test de flexibilidad que afecta a una articulación no es necesariamente extrapolable al resto de movimientos corporales. Para evaluar la “flexibilidad total.” será imprescindible medir en varias articulaciones y movimientos.

9.6.4 Pruebas para valorar la flexibilidad

TEST SIT AND REACH

OBJETIVO; medir la flexibilidad de la zona lumbosacra e isquiotibiales.

MATERIAL: un banco o cajón con una regla a partir de borde lateral del banco.

INSTALACIONES: sala de fitness

PROTOCOLO; el sujeto se sienta en el suelo con piernas extendidas y pies apoyados el la cara lateral del banco. Coloca las manos, una encima de la otra, sobre el banco con los brazos en extensión y las desplaza hacia delante, lo más lejos posible y sin movimiento de rebote. Se realizan tres ensayos

ESCALA DE VALORACIÓN:

	<u>Hombres (cm)</u>	<u>Mujeres (cm)</u>
Baja	< 14	< 30
Regular	14 - 24	30 - 33
Media	24,1 - 35	33,1 – 37
Buena	35,1 - 45	37,1 - 41
Excelente	> 45	> 41

Tabla 6.1. Valoración de la flexibilidad con el test Sit and Reach

TEST SIT AND REACH MODIFICADO

OBJETIVO; medir la flexibilidad de la zona lumbosacra e isquiotibiales.

MATERIAL: un banco o cajón con una regla a partir de borde lateral del banco.

INSTALACIONES: sala de fitness

PROTOCOLO; el sujeto se sienta en el suelo con piernas extendidas y pies apoyados el la cara lateral del banco. Coloca las manos, una encima de la otra, sobre el banco con los brazos en extensión y con la espalda y cabeza en contacto con la pared para calibrar el punto de partida de la medición. Posteriormente desplaza las manos, una encima de la otra hacia adelante sobre el banco, lo más lejos posible y sin movimiento de rebote. Se realizan tres ensayos.

	Hombre s (cm)	Mujeres (cm)
Baja	< 29,5	< 32
Regular	29,5 - 34	32 – 36,5
Media	34,1 - 38	36,6 - 40
Buena	38,1 - 43	40,1 - 42
Excelente	> 43	> 42

Tabla 6.3. Valoración de la flexibilidad con Sit and Reach modificado (Hoeger, 1991)

Bibliografía

- ACSM (2005). *Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio*. Barcelona: Paidotribo.
- Baechle, T & Earle, R.(2000). *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign: Human Kinetics.
- Borg, G. & Noble, B.J. (1974). Perceived exertion. *Exercise Sport Science Review*, 2, 131-153.
- Busso, T., Denis, C., Bonnefoy, R., Geysant, A. & Lacour, J.R. (1997). Modeling of adaptations to physical training by using a recursive least squares algorithm. *Journal Applied Physiology*, 82, 1685-1693.
- Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P.G., Droghetti, G. & Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a non invasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*, 52, 4, 869-873.
- George, Fisher, Vehrs (2001). *Test y Pruebas Físicas*. Barcelona: Paidotribo.
- Heyward, V. (2000). *Evaluación y Prescripción del Ejercicio*. Barcelona: Paidotribo.
- Sharkey, B.J. (2002). *Fitness and Health*. Champaign: Human Kinetics
- Stoudemire, N.M. (1996). The validity of regulating blood lactate concentration during running by ratings of perceived exertion. *Medicine Science Sport Exercise*, 28 (4), 490-495.
- Varios (1989). *Metrología deportiva*. Moscú: Editorial Planeta.