



Definiciones

Actividad Física: cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que ocasiona un gasto energético

Ejercicio: es la actividad física que reúne las siguientes características: es estructurada, planificada y repetitiva. Tiene como objetivo mantener o mejorar el estado físico

Deporte: es la práctica metódica de ejercicios físicos. Tiene un reglamento establecido y como objetivo vencer al adversario o superar marcas establecidas.

Los ejercicios se clasifican en forma simplificada en 2 categorías:

- **Estáticos:**
 - No se produce traslación del individuo.
 - La contracción de la musculatura puede ser sostenida contra una resistencia muy elevada (estático isométrico), de manera que se produce un aumento considerable de la tensión muscular sin cambio aparente en la longitud del músculo, o contra una resistencia que el músculo es capaz de vencer (estático isotónico)
- **Dinámicos o de resistencia:**
 - En líneas generales, consisten en la repetición frecuente de movimientos de baja resistencia que implican grandes masas musculares (caminar, correr, nadar, remar o andar en bicicleta).
 - Se utilizan grandes grupos musculares que se contraen en forma rítmica
 - Conducen a importante aumento de la capacidad funcional, de ahí la denominación de ejercicio de resistencia.
 - Este tipo de esfuerzo utiliza la vía aeróbica del metabolismo para la obtención de energía; cuando el sistema cardiorrespiratorio no es capaz de aportar el oxígeno se produce «derivación del metabolismo» con producción de ácido láctico.

Modificaciones Ocasionadas por el Ejercicio

(1) Respuesta o Ajuste al Ejercicio

Es la variación transitoria que experimenta una cierta variable con el objetivo de atender determinada demanda fisiológica. Una vez finalizado el ejercicio, vuelve a su valor habitual. El ejercicio ocasiona aumento de las necesidades metabólicas, que son satisfechas principalmente a expensas de un incremento del gasto cardíaco.

Copia N°:	Representante de la Dirección:	Fecha:
	<i>Revisó</i>	<i>Aprobó</i>
<u>Nombre</u>	Dr. Leonardo Gilardi	Dra. Inés Morend
<u>Firma</u>		
<u>Fecha</u>	22/10	06/11

Las principales respuestas son:

- El aumento del gasto cardíaco y del consumo de O₂
- El incremento del retorno venoso
- El aumento de la contractilidad del miocardio
- La disminución de las resistencias periféricas

El incremento del gasto cardíaco durante el ejercicio siempre es superior a la disminución de las resistencias periféricas, por lo que se produce un aumento de la presión arterial sistólica con mantenimiento o incluso descenso de las cifras de presión diastólica.

Durante el ejercicio el sistema cardiovascular aumenta su actividad con el objetivo de suministrar el oxígeno suficiente y eliminar el dióxido de carbono. También se aceleran las rutas de obtención de energía. Además, se produce una redistribución del flujo sanguíneo que se deriva a la zona muscular, que puede multiplicarse hasta 50 veces.

$$VO_2 \rightarrow \frac{Q}{\text{Dif A-V de O}_2}$$

$$\frac{VE * FC}{\text{Dif A-V de O}_2}$$

Respuesta cardiovascular

El objetivo del sistema cardiovascular es aumentar el flujo de sangre hacia los músculos en actividad; ello se consigue cuando se incrementa la presión sanguínea de perfusión que depende de la presión arterial media (PAM).

$$PAM = Q * RPT$$

$$PAM = VE * FC * RPT$$



El aumento del gasto cardíaco se produce por un doble proceso:

- Mecanismo de Frank Starling que involucra el volumen de fin de diástole (VFD)
- Variaciones en la contractilidad

El incremento de la frecuencia cardíaca (FC) constituye un parámetro fundamental para el aumento de flujo durante el ejercicio dinámico. Durante esfuerzos moderados, el incremento de la FC puede deberse principalmente a la inhibición del sistema parasimpático y, en menor medida, a la estimulación simpática, que adquiere relevancia en esfuerzos de mayor intensidad.

En la fase inicial del ejercicio, el aumento del volumen de eyección (VE) es a expensas del incremento del VFD; a medida que se eleva la intensidad es a expensas del aumento de la contractilidad. A máxima intensidad, el aumento es casi exclusivamente por aumento de la FC.

Redistribución del Gasto Cardíaco

El flujo de sangre a través de los músculos en actividad puede aumentar hasta 20 veces el valor de reposo (pasa del 15% a 20% del flujo total en reposo al 80% a 85% durante el esfuerzo).

En reposo, sólo el 10% de los capilares musculares están permeables, pero se abren prácticamente todos durante el ejercicio para aumentar el flujo y la superficie de intercambio entre la sangre y las células musculares.

El flujo aumenta en la relajación y disminuye en la contracción, lo que genera un efecto de bombeo, responsable en parte del incremento del retorno venoso. El flujo periférico durante el ejercicio está regulado por:

- Factores locales: en reposo, la vascularización de los músculos estriados dispone de autorregulación local que consiste en vasoconstricción ligada a la acción de la noradrenalina sobre receptores de las paredes vasculares (tono basal). Durante el ejercicio los factores actúan directamente sobre las arteriolas, producen una disminución de la resistencia intrínseca y provocan un aumento inmediato del flujo sanguíneo a los músculos. El factor local más importante es la hipoxia. También actúa la disminución de la glucosa, el aumento de la concentración de potasio, lactato, hiperosmolaridad, liberación de adenosín trifosfato (ATP) y elevación del fósforo. También intervienen sustancias liberadas por el propio endotelio (óxido nítrico, prostaciclina).



- Factores nerviosos y humorales: el aumento de la noradrenalina circulante con el ejercicio traduce la hiperactividad simpática sobre el músculo esquelético y se incrementa a partir de cargas de intensidad moderada. La adrenalina aumenta a valores más elevados de ejercicio físico y tiene 2 acciones opuestas: sobre los receptores alfa induce vasoconstricción; sobre los receptores beta del músculo esquelético provoca vasodilatación. También existen fibras colinérgicas en el músculo esquelético que pueden incrementar el flujo hasta 300 veces.

Al progresar el esfuerzo adquieren más preponderancia los factores locales. En trabajos ligeros y moderados, en los cuales la temperatura corporal aumenta, se produce vasodilatación venosa cutánea mediada por los centros termorreguladores. En trabajos cercanos al máximo se describe vasoconstricción cutánea.

(2) Adaptación al Ejercicio

Consiste en la variación de la estructura, función o ambos de un órgano concreto o del organismo en su conjunto que determina una mejor respuesta frente al mismo estímulo. Se verifican mecanismos de adaptación sin la base del efecto beneficioso del ejercicio, tanto en personas sanas como en cardiopatas.

La capacidad de adaptación al ejercicio depende de la edad, el sexo, la masa corporal, las características del entrenamiento (tipo, intensidad, duración y frecuencia), la condición física y la presencia de patologías. La suma de las sesiones de **entrenamiento provoca a largo plazo efectos adaptativos crónicos, denominados «efecto entrenamiento», que son el objetivo de los programas de entrenamiento. Los efectos del entrenamiento** se manifiestan a nivel central (cardíaco) y periférico.

Modificaciones a Nivel Central

La adaptación cardiovascular incluye las modificaciones morfológicas que se producen, así como sus consecuencias funcionales. El aumento del tamaño en corazones entrenados puede alcanzar el 35% (50 a 60 mm para el ventrículo izquierdo [VI], 11 a 13 mm para el ventrículo derecho). En sujetos entrenados, este aumento del volumen telediastólico (medido por ecocardiografía o ventriculografía isotópica) se asocia con disminución del volumen telesistólico e incremento del espesor de la pared ventricular. El grosor de la pared libre del VI está aumentados (8 a 14 mm) y la relación septo/pared suele estar conservada.



El tipo de hipertrofia (excéntrica o concéntrica) depende del tipo de ejercicio predominante. La primera modificación que produce el entrenamiento con ejercicio dinámico en las personas sanas es un incremento del volumen por latido para cualquier nivel de actividad y, por lo tanto, también del gasto cardíaco a un nivel dado de FC. Como consecuencia del entrenamiento de resistencia, el VE experimenta un aumento que se demuestra tanto en ejercicios moderado como intensos, debido a una mayor capacidad sistólica y mejora del llenado.

La bradicardia en reposo y la menor FC como respuestas a un esfuerzo submáximo se desencadena a cualquier edad y está en relación con el tipo e intensidad del esfuerzo. Hay una evidente influencia genética. La bradicardia se puede atribuir a varios factores:

- La actividad parasimpática basal aumenta en atletas; esto se evidencia por mayor variabilidad del R-R e influye en la mayor resistencia a las arritmias letales
- Reducción de la estimulación simpática
- La frecuencia de descarga intrínseca es menor en sujetos entrenados, atribuida a aumento de la acetilcolina y a disminución de la sensibilidad a las catecolaminas

En la respuesta al ejercicio dinámico, la presión arterial sistólica aumenta, pero la presión arterial diastólica y media no se modifican de manera significativa. Con el efecto entrenamiento, la presión arterial y la FC (tanto de personas sanas que realizan actividad física regular como de pacientes entrenados) son más bajas, lo que ayuda a alcanzar un mejor estado funcional. El ejercicio regular reduce la presión arterial entre 5 y 9 mm Hg. Este tipo de ejercicio produce aumento de la resistencia al esfuerzo, que permite mejorar la capacidad para realizar actividades de la vida diaria. El ejercicio dinámico aumenta la capacidad funcional y disminuye proporcionalmente el consumo de O_2 a cualquier nivel de ejercicio submáximo, con menor trabajo cardíaco con un doble producto inferior.

Cambios Periféricos

Se describe aumento del número y tamaño de las mitocondrias, con mejor captación de O_2 por los tejidos, aumento del rendimiento y mejoría de la forma física. Se reducen las necesidades de flujo en la musculatura entrenada, lo que disminuye el trabajo cardíaco para un ejercicio determinado. La diferencia arteriovenosa de O_2 se incrementa para cualquier nivel de ejercicio y el trabajo máximo desarrollado es superior. Además, se produce aumento de la tolerancia celular a la acidosis.

El ejercicio intenso modifica el perfil lipídico, disminuyendo el riesgo cardiovascular. Aún cuando las personas activas tienen menores concentraciones de colesterol total que los sujetos sedentarios, el aumento de la actividad física no produce grandes variaciones en las concentraciones de colesterol total o unido a lipoproteínas de baja densidad (LDLc).



Sin embargo, aumentan los valores de colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (HDLc) y disminuyen el índice de obesidad, las concentraciones de triglicéridos y la relación colesterol total/HDLc. Además, se modifica el tamaño de las partículas de LDL, con aumento de su tamaño y reducción de su oxidación, por lo que son menos aterogénicas. El ejercicio reduce también las concentraciones de glucosa y mejora la unión de la insulina a receptores celulares, lo que explica que los diabéticos que realizan ejercicio importante tengan requerimientos menores de insulina. El ejercicio facilita la entrada de glucosa en la célula mediante el transportador GLUT4, por un mecanismo diferente del de la insulina (de allí que tenga efectos positivos tanto en diabéticos tipo 1 como tipo 2).

Se señalan además **beneficios subjetivos** del ejercicio. Así, las personas que realizan ejercicio con regularidad refieren una sensación de bienestar relacionada con su práctica. Los sujetos con enfermedad cardiovascular también experimentan esa sensación y les ayuda a superar la depresión y la ansiedad que habitualmente padecen. Sin embargo, es probable que la mejoría en los aspectos psicológicos que se obtiene en los programas de rehabilitación se deba más a la participación en estos programas que al propio entrenamiento físico. El ejercicio aeróbico puede reducir la tensión psíquica de los pacientes y modificar favorablemente la reactividad a determinados estresantes. Se ha descrito también que reduce la magnitud de las características de la personalidad tipo A.

Los cambios que produce el ejercicio son beneficiosos a cualquier edad, en personas sanas o con enfermedad cardiovascular. Aún con pequeños aumentos de la actividad física habitual en los adultos mayores se puede limitar la reducción de la reserva funcional, mejorar la capacidad funcional, disminuir el riesgo coronario y reducir la mortalidad. Los efectos beneficiosos del ejercicio pueden estar relacionados, además de con las variables fisiológicas comentadas, con la mayor síntesis de sustancias vasodilatadoras que se observa en los grupos que realizan actividad física. El «corazón de atleta» implica un conjunto complejo y heterogéneo de alteraciones fisiológicas, morfológicas y electrocardiográficas que se producen como consecuencia del entrenamiento sistemático y, a menudo, intenso tanto de deportes aeróbicos como aquellos predominantemente isométricos.

Bibliografía

1. Maroto J De Pablo C Rehabilitación Cardiovascular Ed Panamericana 2010.
2. Zipes D Braunwald. Tratado de Cardiología 2006
3. **Consenso de Corazón y deporte.** Comité de Cardiología del Deporte del Consejo de Ergometría y Rehabilitación Cardiovascular "Dr. José Menna" Rev Argent Cardiol 2007; 75 S4.