

## Experimento de Laboratorio E-10

# EFECTOS DEL EJERCICIO RÍTMICO SOBRE LA FRECUENCIA CARDIACA, PRESIÓN ARTERIAL Y PRESIÓN DEL PULSO

Términos Claves	Objetivos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ergometría</li><li>• Cicloergómetro</li><li>• Potencia ergométrica</li><li>• Capacidad para llevar a cabo trabajo físico</li><li>• Gasto cardiaco</li><li>• Volumen de eyección sistólica</li><li>• Resistencia periférica total</li><li>• Sistema nervioso simpático</li><li>• Catecolaminas</li><li>• Intensidad</li></ul>	<p>Al finalizar este capítulo, ustedes estarán capacitados para:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Definir</b> gasto cardiaco, resistencia periférica total, catecolaminas, intensidad del ejercicio</li><li>• <b>Describir</b> los cambios en la frecuencia cardiaca, presión arterial y presión del pulso durante un ejercicio rítmico.</li><li>• <b>Describir</b> el procesos para determinar la presión arterial.</li><li>• <b>Identificar</b> los puntos de presión.</li><li>• <b>Mencionar</b> los sitios más comunes de auscultación.</li><li>• <b>Enumerar</b> los factores que puedan afectar la frecuencia cardiaca.</li></ul>

### Teoría del Laboratorio:

**Referencia:** Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte* (5ta. ed.). Barcelona, España: Editorial Paidotribo. 715 pp.

**Capítulos:** 7: Control Cardiovascular durante el Ejercicio **pp.:** 215-239

## INTRODUCCIÓN

La frecuencia cardiaca aumenta proporcionalmente conforme aumenta la intensidad del ejercicio. No obstante, el grado de aumento de la frecuencia cardiaca depende del nivel de aptitud cardiorespiratoria del individuo. Es obvio que la frecuencia cardiaca aumenta porque el músculo requiere más sangre y oxígeno para una eficiente contracción durante el ejercicio, aunque la causa principal es un aumento en la actividad del sistema nervioso simpático y en las *catecolaminas* (epinefrina y norepinefrina). Por razones similares, aumenta también la presión arterial sistólica. Por otro lado, la presión arterial sistólica varía muy poco o disminuye. La razón de dicho aumento en la presión sistólica es por un aumento en el *gasto cardiaco* o *volumen minuto cardiaco* (frecuencia cardiaca y volumen de eyección sistólica) y a un incremento en la *resistencia periférica*

**total**, debido a la constricción generalizada de las arteriolas. La **presión del pulso** (la diferencia entre la presión sistólica y la presión diastólica) aumenta gradualmente durante el trabajo físico.

## **PROPÓSITO**

El propósito de este experimento es observar las respuestas de la frecuencia cardíaca, presión arterial y la presión diferencial durante diferentes niveles de trabajo físico.

## **VALOR DEL EXPERIMENTO**

Este laboratorio sirve de fundamento para la:

1. Prescripción de ejercicio para hipertensos y grupos geriaticos.
2. Evaluación de la capacidad para llevar a cabo trabajo físico.

## **EQUIPO Y MATERIALES**

1. Cicloergómetro
2. Metrónomo. Este dispositivo se emplea cuando el cicloergómetro no posee un velocímetro (tacómetro) o dispositivo electrónico que mida revoluciones por minuto (RPM). Además, se puede emplear una cinta de audio de 60 minutos, en la cual se ha grabado la cadencia de un metrónomo eléctrico que se ha fijado a 100 latidos por minuto.
3. Esfignomanómetro
4. Estetoscopio.
5. Cronómetro o reloj con indicador de segundos
6. Hojas para registrar los valores del laboratorio
7. Lápices y sacapuntas
8. Tabloides para fijar las formas de la prueba

## **PROCEDIMIENTO**

### **Medidas Preparatorias**

1. El día antes o una hora previo al laboratorio, se recomienda que se calibre el equipo. Tal calibración incluye el ergómetro y el esfignomanómetro. Para los detalle de cómo se calibarn los equipos de laboratorio, refiérase los Anexos A, C y C.
2. Los estudiantes responsables de organizar el experimento, deben de explicar al sujeto todo el procedimiento de la prueba, incluyendo los posibles riesgos de este. Se recomienda que se prepare una hoja de consentimiento que describa el protocolo de la prueba, sus riesgos, los beneficios y una sección para las firmas. Dos ejemplos de esta hoja se cuenta en las páginas 187 y 189.

3. Organice y tenga a la mano las hojas para la colección de los datos individuales, sacapuntas, el cronómetro, estetoscopio y el esfignomanómetro.
4. Para esta experiencia científica, las funciones de los estudiantes se establecerán como sigue:
  - a. Sujetos, preferiblemente uno femenino y otro masculino
  - b. Estudiante responsable de cronometrar el tiempo total de la prueba.
  - c. El evaluador encargado de cronometrar los segundos durante las mediciones simultáneas de la frecuencia cardíaca.
  - d. Estudiantes encargados medir la frecuencia cardíaca. Dos de éstos, tomarán palparán el pulso en la arterias carótida y radial, respectivamente. Un tercer estudiante registrará la frecuencia cardíaca mediante auscultación.
  - e. El responsable de tomar la presión arterial.
  - f. La persona encargada de aumenta la carga de trabajo cuando así lo indique el cronometrística total del experimento.
  - g. Finalmente, habrá un evaluador responsable de coordinar todo el procedimiento del laboratorio.
5. Ajusta cómodamente (sin apretar) el brazalete del esfignomanómetro. Utiliza una cinta adhesiva para asegurar el brazalete, de modo que no se resbale hacia abajo durante el ejercicio. Localiza y marca, con un bolígrafo de fieltro, la arteria braquial en el área antecubital, de manera que al volver a poner la campana del estetoscopio en su lugar no se pierda tiempo y se coloque correctamente.
6. Determine y anote las medidas antropométricas del participante. Esto incluye la masa corporal (peso) y la talla (estatura).
7. Durante el reposo, los estudiantes tomarán la presión arterial y la frecuencia cardíaca:
  - a. Dos estudiantes tomarán el pulso simultáneamente durante 30 segundos; mientras uno palpa la arteria carótida el otro palpa la arteria radial. Un tercer estudiante obtendrá la frecuencia cardíaca mediante auscultación. El estetoscopio se coloca cerca del cuarto espacio intercostal al lado izquierdo del esternón y luego se ajusta hasta encontrar el mejor sitio donde se escuche el latido (véase Figura **LE-10:1** y **LE-10:2**)

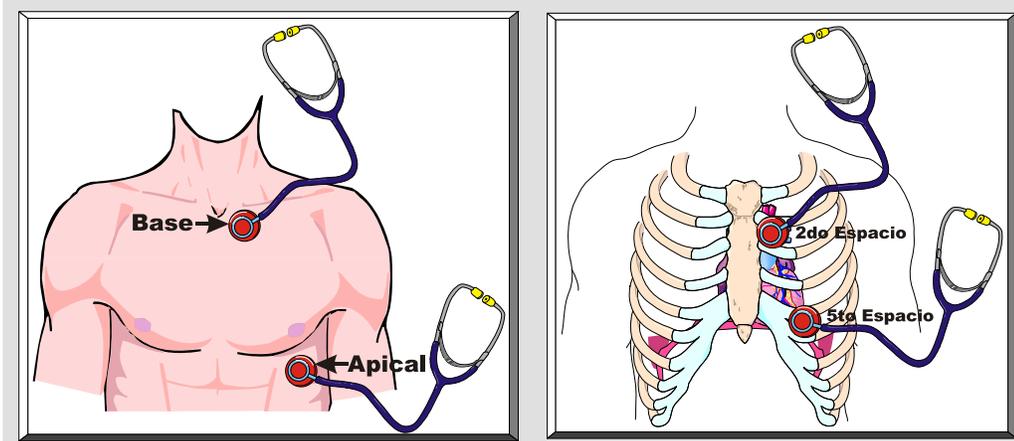


Figura LE-10:1: **Áreas para colocar el Estetoscopio en la Región Pectoral.** Se muestra la ubicación anatómica del estetoscopio (base y apical) para auscultar la frecuencia cardíaca (FC).

Figura LE-10:1: **Ubicación Anatómica del Estetoscopio.** La figura ilustra la colocación del estetoscopio en el 2<sup>do</sup> y 5<sup>to</sup> espacio intercostal para tomar la frecuencia cardíaca (FC).

- b. Para tomar la presión arterial, coloca el brazalete del esfigmomanómetro, con el borde inferior del mismo alrededor de una pulgada por encima de la articulación del codo (espacio antecubital). Es importante no aplicar el brazalete mientras el brazo este colgado. Coloca la campana del estetoscopio sobre la arteria braquial pre-marcada. Bombea aire hasta unos 150 mm Hg; luego libere el aire gradualmente (de 2 a 3 mm Hg por segundo). El punto en el que se escucha un sonido durante cada latido del corazón será registrado como la presión sistólica. Continúa liberando el aire al mismo ritmo. El sonido del pulso se volverá mucho más suave y desaparecerá a continuación. En este punto el número correspondiente del medidor de mercurio se registra como presión diastólica.

### **Aministración de la Prueba**

1. Gradúe apropiadamente la altura del asiento del cicloergómetro. Anote el número del asiento una vez se fije la altura de éste. Existen dos manera para realizar esto (véase Figura LE-10:3 y LE-10:4). Primero, siente al sujeto en el ergómetro e instrúyelo a que levante sus asentaderas, coloque los metatarsos (parte media) del pie sobre el pedal y extienda cómodamente en su totalidad la rodilla, de manera que el pedal y el pie se encuentre en su posición más baja. En estos momentos ajuste el asiento para dicha posición (véase Figura Figura LE-10:3). Ahora bien, si el participante prefiere realizar el laboratorio con la porción delantera o “bola” del pie sobre el pedal, entonces las rodillas solo deben de encontrarse en una discreta flexión (véase Figura LE-10:4).



**Figura LE-10:3: Posición del Pie en el Pedal y la Rodilla.** Cuando los metatarsos del pie son los que descansan sobre el pedal, entonces la rodilla debe estar totalmente estirada, pero no rígida.



**Figura LE-10:4: Posición del Pie en el Pedal y la Rodilla.** Cuando la bola del pie descansa sobre el pedal, entonces la rodilla debe estar levemente doblada.

2. El metrónomo debe ser ajustado a 100 latidos por minuto. No será necesario este instrumento si el ergómetro posee un velocímetro (tacómetro) o dispositivo electrónico que permita al sujeto ver sus revoluciones por minuto (rpm)
3. Se ensayará sin resistencia el pedaleo a un ritmo de 50 revoluciones por minuto (50 rpm), para adaptarse al ritmo del metrónomo (un latido por cada pedaleo o dos latidos por cada revolución del pedal). En un metrónomo eléctrico, la luz intermitente y el sonido dictará la cadencia de las 50 rpm.
4. Activa el reloj y coloca la primera carga de trabajo a 150 kpm/min (24.5 Watts). Se trabajará a esta intensidad durante 3 minutos, luego de los cuales se debe aumentar la potencia ergométrica a 150 kpm/min (24.5 Watts) cada tres minutos hasta un máximo de 1200 kpm/min (196 Watts). Cabe señalar que esta carga es sumamente alta para la mayoría de las persona. Esto implica que se debe estar pendiente a cualquier manifestación clínica adversa que indique que se deba detener el ejercicio. Además, si el participante alcanza un 85% de su frecuencia cardiaca máxima estimada, la prueba también debe darse por terminado.
5. Toma la frecuencia cardiaca (carótida, radial y mediante auscultación) durante los primeros 30 segundos de cada etapa del ejercicio. Multiplique por dos el valor resultante para estimar la frecuencia cardiaca en 6 segundos (1 minuto).
6. La presión arterial será tomada durante el último minuto de cada etapa

7. La prueba en el cicloergómetro debe detenerse si se cumplen uno o más de los siguientes criterios:
  - a. ¿El sujeto llegue a la carga máxima (1200 kpm/min).
  - b. El individuo alcance un 85% de su frecuencia cardiaca maxima prevista.
  - c. El sujeto manifiesta signos y síntomas peligrosos que indican intolerancia al ejercicio (véase Tabla **LF-11:9**, y **LF-11:10**, páginas ).
8. Al finalizar el ejercicio (recuperación), el sujeto debe continuar pedaleando y la carga de trabajo reducida gradualmente hasta que llegue a cero ("0") kp (o watts). Todas las mediciones serán repetidas cada dos minutos hasta un máximo de 8 minutos o hasta que la frecuencia cardiaca sea menor de 100 latidos/min.

## **RESULTADOS**

Anote los valores del laboratorio en las hojas designadas, las cuales se encuentran en la parte final de este experimento. Hay dos formas, una para el registro individual de cada estudiante y otra para la recolectar las mediciones realizadas en todos los estudiantes (véase páginas ).

Utilizando las medidas obtenidas del experimento construya las siguientes gráfica. Se requiere que éstas se preparen en los programas de MS Excel o MS Power Point. Luego se deben insertar en el reporte de laboratorio.

## **PREGUNTAS DE DISCUSIÓN**

1. ¿Cómo comparan los diferentes métodos para obtener la frecuencia cardiaca? ¿Cuál sería la más precisa? ¿Porque?
2. ¿Qué relación existe entre la frecuencia cardiaca y la intensidad del ejercicio?:
  - a. ¿Es directamente proporcional o inversamente proporcional?
  - b. ¿Es lineal o curvilínea?
  - c. ¿Cuánto tiempo requiere la frecuencia cardiaca para que aproximadamente alcance un estado constante (steady state)?
  - d. En que forma la intensidad del ejercicio puede afectar la recuperación de la frecuencia cardiaca?
3. ¿Cuáles son las relaciones que existe entre las presiones sistólica y diastólica con la potencia ergométrica? Explique mediante datos fisiológicos la razon de los cambios que ocurren en ambas presiones arteriales.

4. ¿Qué cambios sufre la presión del pulso? Ofrezca explicaciones fisiológicas para tales alteraciones?

## **REFERENCIAS**

Byrd, R. J., & Browning, F. M. (1972). *A Laboratory Manual for Exercise Physiology* (pp. ). Springfield, Illinois: Charles C. Thomas, Publisher.

Shaver, L. G. (1973). *Experiments in Physiology of Exercise*. Minneapolis: Burgess Publishing Company. 172 pp.

**HOJA PARA LA COLECCIÓN INDIVIDUAL DE LOS DATOS  
EFECTOS DEL EJERCICIO RÍTMICO SOBRE VARIABLES CARDIOVASCULARES**

**Evaluador(es):** \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Día Mes Año

Hora: \_\_\_\_ (a.m.) (p.m.)

NOMBRE: \_\_\_\_\_ ID: \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_ Sexo: (F) (M)

Medicamentos: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_ kg \_\_\_\_ lb Talla: \_\_\_\_ cm \_\_\_\_ pulg

Frecuencia Cardíaca Reposo: De pie \_\_\_\_ lat·min<sup>-1</sup> Sentado \_\_\_\_ lat·min<sup>-1</sup> Presión Arterial: \_\_\_\_/\_\_\_\_ mm Hg

Frecuencia Cardíaca Máxima (220-Edad): FC<sub>máx</sub> \_\_\_\_ 85% \_\_\_\_ 75% \_\_\_\_ 65% \_\_\_\_

Altura del Asiento \_\_\_\_\_ Limitaciones al Ejercicio: \_\_\_\_\_

Potencia Ergométrica		Duración (min)	Frecuencia Cardíaca (latidos·min <sup>-1</sup> )			Presión Arterial (mm Hg)		Presión del Pulso (mm Hg)
kpm·min <sup>-1</sup>	Vatios		Carótida	Radial	Auscultación	Sistólica	Diastólica	
<b>Reposo</b>		<b>0</b>						
<b>150</b>	<b>24.5</b>	<b>1 - 3</b>						
<b>300</b>	<b>49</b>	<b>4 - 6</b>						
<b>450</b>	<b>73.5</b>	<b>7 - 9</b>						
<b>600</b>	<b>98</b>	<b>10 - 12</b>						
<b>750</b>	<b>122.5</b>	<b>13 - 15</b>						
<b>900</b>	<b>147</b>	<b>16 - 18</b>						
<b>1050</b>	<b>171</b>	<b>19 - 21</b>						
<b>1200</b>	<b>196</b>	<b>22 - 24</b>						
<b>Recuperación</b>		<b>1 - 2</b>						
		<b>3 - 4</b>						
		<b>5 - 6</b>						
		<b>7 - 8</b>						

**RAZÓN PARA DETENER LA PRUEBA:**

- Alcanzó la última carga de trabajo  
 Alcanzó el 85% de su frecuencia cardíaca máxima  
 Otras: \_\_\_\_\_

**SÍNTOMAS Y SIGNOS PRESENTADOS:** \_\_\_\_\_

**COMENTARIOS:** \_\_\_\_\_

## HOJA DEL REGISTRO GRUPAL PARA EFECTOS DEL EJERCICIO RÍTMICO SOBRE VARIABLES CARDIOVASCULARES

Grupo de Trabajo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Día Mes Año

Sección: \_\_\_\_\_

Horas de la Clase: \_\_\_\_\_

Días: \_\_\_\_\_

Nombre (Iniciales o # ID)	Sexo ♀ ♂	Ejercicio Máximo		FCmáx (lat • min <sup>-1</sup> )			PAmáx (mm Hg)		Presión del Pulso (mm Hg)
		Potencia Ergométrica (kgm • min <sup>-1</sup> )	Duración (min)	Carótida	Radial	Auscultacion	Sistólica	Diastólica	
1. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Promedio:</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>