

**Guía de Estudio de Fisiopatología Cardiovascular: Fisiología Cardiovascular (Sept 2011).** Alumnos Mario Zanolli, Tamara Ventura, Valentina de Petris, Dr. Jorge Jalil

---

**I. Defina:**

- 1) Débito Cardíaco
- 2) Ley de Frank-Starling
- 3) Precarga
- 4) Postcarga
- 5) Contractilidad

**II. Verdadero o Falso, justifique las falsas**

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 1. La contractilidad está determinada principalmente por la actividad simpática.   | V | F |
| 2. Un aumento en la resistencia total periférica producirá una disminución de retorno venoso.  | V | F |
| 3. La ley de Starling es una propiedad originada fundamentalmente en las características de la estructura contráctil del miocardio. Señala que a mayor volumen de fin de diástole, mayor será el volumen eyectado. | V | F |
| 4. La precarga es la tensión pasiva en la pared ventricular al momento de iniciarse la contracción y está fundamentalmente determinada por el volumen diastólico final.  | V | F |
| Una disminución de la contractilidad no afectará la fracción de eyección.  | V | F |
| 5. La resistencia arterial periférica depende principalmente de la resistencia arteriolar y de la viscosidad de la sangre.   | V | F |
| 6. El lecho vascular pulmonar constituye un circuito de alto flujo, con baja resistencia capaz de acomodar grandes incrementos en el flujo.  | V | F |
| 7. El volumen de eyección aumenta con un menor volumen diastólico final.   | V | F |
- 

**III. Términos pareados:**

a) Débito Cardíaco	1) Es la suma de las resistencias circulatorias de los diferentes órganos y tejidos del organismo
b) Ley de Frank & Starling.	2) Es la diferencia entre el volumen diastólico final y el volumen sistólico final.
c) Precarga	3) Distensibilidad de una fibra cardíaca en un momento determinado.
d) Postcarga	4) Es la tensión pasiva en la pared ventricular al momento de iniciarse la contracción
e) Tensión pasiva	5) Es la relación entre el volumen de eyección y el volumen diastólico
f) Tensión activa	6) Depende principalmente de la resistencia arteriolar
g) Fracción de eyección	7) Corresponde a la suma de los diferentes flujos sanguíneos regionales
h) Resistencia vascular total	

i) Resistencia arterial periférica	8) Circuito de alto flujo, con baja resistencia
j) Resistencia vascular pulmonar	9) Su componente fisiológico principal es la presión arterial
k) Volumen de eyección	10) Propiedad del corazón de contraerse en forma proporcional a su llenado.
	11) Capacidad contráctil de una fibra cardíaca en un momento determinado

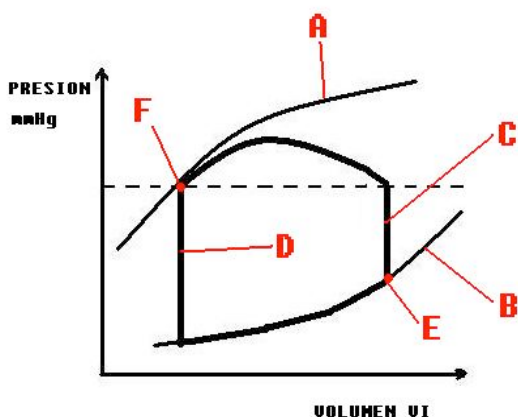
#### IV. Un caso clínico

Un hombre de 67 años tiene una frecuencia cardíaca de 80 latidos/min y una Pa 135/90 mm Hg en reposo. La cateterización cardíaca revela que la presión de la aurícula derecha es 0 mm Hg y que el gasto cardíaco es 4,5 L/min. Durante un test de esfuerzo, el paciente presenta una frecuencia cardíaca de 120 latidos/min con una PA de 170/100 mm Hg (Pa media = 125 mm Hg), un gasto cardíaco de 8 L/min y una presión de 5 mm Hg en la aurícula derecha.

- 1- ¿Cómo cambia la resistencia periférica durante el ejercicio?
- 2- ¿Por qué aumenta la Pa durante el ejercicio?

**V. Figura.** Correlacione la letra indicada con el concepto correspondiente:

1. Relajación Isovolumétrica =
2. Volumen de fin de sístole =
3. Contractilidad ventricular =
4. Distensibilidad Ventricular =
5. Contracción isovolumétrica =
6. Volumen de fin de diástole =



#### V. Múltiple elección.

1. Qué fase del ciclo cardíaco es la primera en fallar cuando se reduce el aporte de oxígeno al miocardio?
  - a) sístole
  - b) diástole
  - c) depolarización del nodo sino – auricular
  - d) depolarización ventricular
  - e) sístole y diástole

2. Respecto del proceso “contracción-relajación” cardiaco, indique cual o cuales son verdaderas de las siguientes afirmaciones:

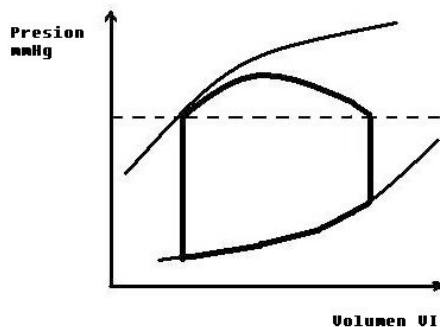
- I. La liberación del Calcio desde el retículo sarcoplásmico es un proceso activo
- II. La recaptura del Calcio ocurre durante la relajación, mediada pasivamente por el fosfolambano
- III. El bloqueo de la bomba Na/K mejora la contractilidad miocárdica

- a. Solo II y III
- b. Solo III
- c. Solo I
- d. Solo I y II
- e. Ninguna de las anteriores

3. ¿En cual de las siguientes afirmaciones no habrá un aumento del volumen eyectado?

- a. Al aumentar el volumen inicial en un ventrículo cuya distensibilidad está disminuida
- b. En un ventrículo cuyas fibras tienen una longitud inicial mayor
- c. En un ventrículo con contractilidad aumentada y distensibilidad normal
- d. En un aumento de la velocidad de eyección en un ventrículo con distensibilidad normal
- e. Ninguna de las anteriores

4. En la siguiente figura ¿qué representa la línea punteada?



- a. Presión de eyección del ventrículo
- b. Presión aórtica sistólica
- c. Presión retrógrada auricular
- d. Presión ventricular diastólica
- e. Ninguna de las anteriores

5. En un hombre de 21 años sano, un aumento moderado de la postcarga no producirá:

- a. Respuesta compensatoria por Ley de Frank Starling
- b. Disminución del gasto cardiaco
- c. Aumento de la contractilidad
- d. B y C
- e. Ninguna de las anteriores

6. En condiciones normales, la contractilidad está determinada principalmente por:

- a. Precarga
- b. Postcarga
- c. Actividad simpática
- d. Longitud de la fibra
- e. Todas las anteriores

7. ¿Qué ocurre cuando una persona se pone súbitamente de pie, desde una posición decúbito supino?

- a. Aumento de la contractilidad
- b. Disminución de la frecuencia cardiaca
- c. Mantenimiento de la frecuencia cardiaca
- d. Disminución del gasto cardíaco
- e. Ninguna de las anteriores

8. ¿Cuál de los siguientes cambios ocurren durante el ejercicio en una persona sana?
- I. Aumento de la resistencia periférica total
  - II. Aumento de resistencia arteriolar en piel, región esplácnica, riñones y músculos inactivos.
  - III. Aumento de contractilidad
  - IV. Disminución de la diferencia arterio-venosa de oxígeno
- a. I, II y III
  - b. II y III
  - c. III y IV
  - d. I, III y IV
  - e. I y IV
9. Lo que comúnmente se denomina “gasto cardíaco”, fisiológicamente hablando se corresponde con:
- a. La energía total utilizada por el músculo cardíaco en un ciclo cardíaco completo.
  - b. Es la suma de los diferentes flujos sanguíneos regionales.
  - c. Es la fuerza con que el corazón expulsa un volumen determinado de sus ventrículos.
  - d. La resistencia del sistema vascular periférico
  - e. Es el volumen total expulsado en un latido.
10. Respecto a la ley de Starling mencione el (los) postulado(s) verdadero(s):
- I. Es una propiedad originada fundamentalmente en las características de la estructura contráctil del miocardio
  - II. Este proceso tiene una modulación neurohumoral directa
  - III. Siempre que la precarga aumente el gasto aumentará
- a. Solo I
  - b. Solo I y II
  - c. I, II y III
  - d. I y III
  - e. Ninguna de las anteriores
11. Llega al servicio de urgencia atendido por Ud. a las 4 am un joven con compromiso de conciencia. Los jóvenes que lo acompañaban dicen que después de un asado donde consumió mucho alcohol, tuvo grandes vómitos. Luego de confirmar que se trataba solo de una intoxicación por alcohol Ud. piensa en los mecanismos que están ocurriendo fisiológicamente en ese joven: (indique las dos verdaderas)
- a. El sistema venoso se contraerá por efecto simpático para mejorar el retorno venoso.
  - b. La frecuencia cardíaca se mantendrá porque la compensación es primariamente del sistema circulatorio.
  - c. Que el volumen circulatorio no se ve afectado por este incidente.
  - d. La frecuencia aumentó para responder a un aumento del retorno venoso.
  - e. El gasto cardíaco disminuye levemente en una etapa precoz, pero luego subirá para mantenerse por los mecanismos compensatorios del cuerpo.

---

## RESPUESTAS

### I. Definiciones

1) **Débito Cardíaco:** Volumen sanguíneo eyectado en un minuto por el corazón. Corresponde a la suma de los diferentes flujos sanguíneos regionales

Débito Cardíaco = volumen sistólico x frecuencia cardíaca
---

2) **Ley de Frank & Starling:** Propiedad del corazón de contraerse en forma proporcional a su llenado (a mayor llenado, mayor volumen de eyección), hasta un nivel en que mayores incrementos de volumen no se acompañan de aumentos del gasto.

3) **Precarga:** Es la tensión pasiva en la pared ventricular al momento de iniciarse la contracción y está fundamentalmente determinada por el volumen diastólico final. Equivale a la "longitud inicial" en los estudios en fibra aislada. En situaciones fisiológicas se relaciona principalmente con el retorno venoso, observándose que a mayor precarga o retorno venoso se observa un aumento del volumen de eyección.

4) **Postcarga:** Es la tensión contra la cual se contrae el ventrículo. El componente fisiológico principal es la presión arterial, pero también depende, entre otras variables, del diámetro y del espesor de la pared ventricular.

5) **Contractilidad:** Es la capacidad de acortarse y de generar fuerza del músculo cardíaco independiente de la precarga y postcarga.

## II. Verdadero o Falso, justifique las falsas

1. V
2. V
3. V
4. V
5. F, la fracción de eyección es el porcentaje del volumen diastólico que es eyectado en cada sístole y sí depende de la contractibilidad, que determina el volumen sistólico.
6. F, la viscosidad es un componente secundario.
7. V
8. V

## III. Términos pareados:

- a. 7
- b. 10
- c. 4
- d. 9
- e. 3
- f. 11
- g. 5
- h. 1
- i. 6
- j. 8
- k. 2

## IV. Caso clínico

### 1- ¿Cómo cambia la resistencia periférica durante el ejercicio?

En ejercicio disminuye la resistencia periférica como resultado de una vasodilatación en el músculo esquelético, adaptación mediada por el sistema nervioso simpático.

### 2- ¿Porqué aumenta la Pa media durante el ejercicio?

La elevación de la Pa durante el ejercicio se debe a un aumento del gasto cardiaco, el cual aumenta más de lo que disminuye la resistencia periférica.

## V. Figura

1. Relajación Isovolumétrica = D
2. Volumen de fin de sístole = F
3. Contractilidad ventricular = A
4. Distensibilidad Ventricular = B
5. Contracción isovolumétrica = C
6. Volumen de fin de diástole = E

## V. Alternativas

- 1) *La respuesta correcta es la b.* La sístole se explica por un acoplamiento entre la miosina y actina. Las cabezas de miosina tienen un alto contenido de fosfatos de energía, como consecuencia de la hidrólisis previa del ATP. Esta energía bioquímica se transforma en energía mecánica al producirse una mayor angulación de las cabezas de miosina y el consecuente "arrastre" de la actina. Por otro lado, la diástole se produce por un desacoplamiento de esta unión, que se produce como resultado de la hidrólisis de una nueva molécula de ATP, parte de cuya energía se almacena en las cabezas de miosina y otra se utiliza en el transporte del  $\text{Ca}^{++}$  hacia el retículo sarcoplásmico (Bomba de  $\text{Ca}^{++}$ ), con lo que disminuye su concentración en el citosol. En consecuencia debido a que la diástole es la fase que requiere ATP, esta es la primera en afectarse cuando falta energía. Cabe mencionar que es la repolarización y no la depolarización la que consume energía. Esto se debe principalmente a la acción de la bomba Na/K ATPasa.
- 2) *La respuesta correcta es la b.* La liberación del Calcio desde el retículo sarcoplásmico es un proceso pasivo, donde ocurre la "salida de calcio mediada por calcio" que estimula desde el extracelular. La recaptura del Calcio ocurre durante la relajación, mediada activamente por el fosfolambano. Por su parte, el bloqueo de la bomba Na/K mejora la contractilidad miocárdica, ya que la concentración de sodio aumenta en el intracelular y el intercambiador de membrana Ca/Na disminuye su actividad de introducir Na al intracelular y sacar Ca al extracelular, por lo que el Ca se acumula en el intracelular y mejora la contractilidad miocárdica.
- 3) *La respuesta correcta es la d.* En las distintas alternativas se menciona un escenario determinado por la distensibilidad, que corresponde a la situación basal de cada corazón mencionado, por lo que puede tomarse por constante. Ahora, las variables volumen inicial, contractilidad y longitud inicial de las fibras aumentadas se corresponden con un aumento del volumen eyectado, efecto que no es producido por el aumento de la velocidad de eyección de determinado volumen.
- 4) *La respuesta correcta es la e.* La línea punteada corresponde a la presión diastólica aórtica, que en la sístole es vencida y por lo tanto hay salida de sangre desde el corazón y que cuando la presión aórtica es mayor que la del ventrículo izquierdo, se produce el cierre de la válvula aórtica.
- 5) *La respuesta correcta es la b.* Un aumento de la postcarga en una persona sana gatilla mecanismos de compensación que tienden a mantener a toda costa el gasto cardiaco, con una respuesta mediada por la ley de Frank Starling y un aumento de la contractibilidad. Esto, no genera una disminución del gasto cardiaco, si no su mantención.
- 6) *La respuesta correcta es la c.* El concepto de contractilidad se refiere a la capacidad contráctil (capacidad de acortarse y de generar fuerza) del músculo cardíaco, independiente de variables tales como la elongación inicial, la postcarga, la frecuencia cardiaca, etc. No olviden que la elongación inicial de la fibra se corresponde con la precarga. La contractilidad depende de la actividad del sistema simpático y parasimpático, como también de algunos fármacos que alteran propiedades electrolíticas.
- 7) *La respuesta correcta es la a.* Esta maniobra es para evaluar lo que se conoce como "ortoestatismo", que puede simplificarse con la idea que la columna de volumen sanguíneo no sube instantáneamente en una persona que se pone de súbito de pie: la sangre se queda más en las zonas dependientes (de acuerdo a la ley de gravedad). Esto genera una respuesta automática del cuerpo para mantener el gasto, con un aumento del tono simpático que eleva la contractilidad y la frecuencia.
- 8) *La respuesta correcta es la b.* Durante el ejercicio hay un aumento del tono simpático, del gasto cardiaco, el retorno venoso y de la actividad metabólica. Esto implica la redistribución de los flujos, por lo que aumenta de resistencia arteriolar en piel, región esplácnica, riñones y músculos inactivos, mientras que disminuye en los músculos activos por la liberación de metabolitos vasodilatadores, como lactato y adenosina. Como el área del lecho muscular vasodilatado es muy grande, el efecto en la resistencia periférica total es la disminución de esta. Por su parte, como el consumo de oxígeno aumenta, la diferencia arterio venoso de oxígeno crece considerablemente.
- 9) *La respuesta correcta es la b.* El gasto cardíaco es una medida que indica el volumen que es capaz de expulsar el corazón en un minuto. No es el volumen expulsado en un latido, porque en un minuto hay más de un latido. El término tampoco se refiere a la energía ni a la contractilidad del órgano.
- 10) *La respuesta correcta es la a.* La ley de Starling corresponde a la propiedad del corazón de contraerse en forma proporcional a su llenado (a mayor llenado, mayor volumen de eyección), hasta un nivel en que mayores incrementos de volumen no se acompañan de aumentos del gasto, por lo que no todo un aumento de la precarga está finalmente acompañado de un aumento del gasto. No está afectada directamente por una modulación neurohumoral.

11) *La respuesta correcta es a+e.* El modelo planteado corresponde a la pérdida de volumen. Existe entonces una respuesta compensatoria dada principalmente por el sistema simpático, con un aumento de la frecuencia, contractilidad y contracción venosa (disminución del continente). En una etapa precoz, el gasto disminuye levemente por la pérdida de volumen, pero luego la compensación lleva a su normalización. El aumento de la frecuencia es efecto del aumento de la actividad simpática y no una respuesta a un aumento del retorno venoso.