



EL SISTEMA CARDIOVASCULAR Y SU CONTROL: CAPÍTULO 7 DEL LIBRO DE TEXTO DEL CURSO

COMPILADO, RESUMIDO, INTERPRETADO Y DISCUTIDO

(<http://www.saludmed.com/C7-Cardiovascular-Control/C7-Cardiovascular-Control.html>)

(<http://www.saludmed.com/C7-Cardiovascular-Control/C7-Cardiovascular-Control.pdf>)

por:

Profesor Edgar Lopategui Corsino
Catedrático Asociado

M.A., Fisiología del Ejercicio

Ed.D., Liderazgo e Instrucción en la Educación a Distancia

(elopategui@intermetro.edu; lopatequiedgar@gmail.com;
saludmedpr@gmail.com)

La información aquí detallada es para una asignatura académica universitaria.

CURSO

HPER-4170: Fisiología del Movimiento Humano

LIBRO DE TEXTO Y SU CAPÍTULO CORRESPONDIENTE

Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2025). *Physiology of sport and exercise* (9na ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

CHAPTER 7: The Cardiovascular System and its Control (pp. 171-193)

INTRODUCCIÓN

EL SISTEMA CARDIOVASCULAR

Funciones

1. Suministrar oxígeno y sustratos energéticos.
2. Remover el dióxido de carbono y otros desechos metabólicos.
3. Transportar hormonas y otras moléculas
4. Soporte de la termorregulación y control del equilibrio de los líquidos corporales.
5. Mantenimiento del balance ácido-básico para poder controlar el pH del cuerpo.
6. Regulación del sistema inmunológico.



Circulación/Flujo de Sangre: Asegurar las necesidades de las demanda metabólicas

Requiere impartir presión (hemodinámica): Gradiente: siempre de mayor a menor presión.

Sistema Circulatorio/Circulación Sistémica

Componentes

1. El corazón (la bomba)
2. Los vasos sanguíneos (los canales o vías sistémicos)
3. La sangre/plasma (un medio líquido)

EL CORAZÓN

1. Tamaño de un puño
2. Localizado en el centro de la cavidad torácica
3. Encargado de circular sangre a través de todo el sistema acrdiovascular

Estructura

1. Dos (2) atrios: Cámaras/cavidades que reciben sangre
2. Dos (2) ventrículos: Cámaras/cavidades que eyectan sangre
3. Pericardio: Saco membranoso fuerte.
4. Líquido pericárdico: Cavidad delgada entre el pericardio y el corazón: Encargado de reducir fricción entre el saco y los latidos del corazón.

FLUJO DE SANGRE A TRAVÉS DEL CORAZÓN

Circulación

Flujo de sangre

Dos (2) bombas

Lado derecho del corazón: Eyecta sangre deoxigenada hacia los pulmones, a través de la circulación pulmonar

Lado izquierdo del corazón: Eyecta sangre oxigenada hacia los tejidos del cuerpo

Sangre

Transporte de oxígeno y nutrientes

Vena cava superior e inferior

Sangre deoxigenada

Atrio derecho

Válvula tricúspide

Sangre eyectada

Arteria pulmonar

Pulmones

Lado derecho del corazón



Lado pulmonar
Reoxigenación de la sangre
Venas pulmonares
Lado izquierdo del corazón
Atrio izquierdo
Ventrículo izquierdo
El lado sistémico del corazón
Sangre
Oxígeno
Sangre oxigenada
Estenosis (stenosis)
Soplo pulmonar (heart murmur)
Prolapso (prolapse)
Prolapso de la válvula mitral (miltal valve prolapse)
Soplos cardiacos benignos (no patológicos)
Miocardio (myocardium)
Pericardio: Saco membranosos que rodea/cubre elmiocardio
Líquido del pericrdio: Reduce fricción entre el pericardio el miocardio en estado de contracción
Músculo cardiaco
Ventrículo izquierdo
Hipertrofia
Hipertrofia (más grueso) ventricular izquierda
Característica/efecto inotrópico del miocardio: Contractilidad - Fuerza de contracción del miocardio
Mayor contractilidad
Causa
Presión ejercida sobre el ventrículo izquierdo
Ejercicio vigoroso: Actividad aeróbica de alta intensidad
Entrenamiento con resistencias
Mayor demanda sobre el ventrículo izquierdo: Suministrar sangre hacia los músculos esqueléticos activos
Hipertrofia patológica del miocardio: Cardiomegalia: por Jipertensión o enfermedad cardiaca valvular
Contracción del miocardio como una sola unidad
Fibras del Miocardio - Homogéneas: Estridadas, Discos intercalados
Potenciales de acción
Tipos de fibra muscular del miocardio: Tipo I: Altamente oxidativas, densidad capilar elevada, grán cantidad de mitocondrias
Liberación de calcio inducida por calcio (Calcium-Induced Calcium Release)
Sarcolemas del miocardio vía brechas de coyunturas (gap junctions)
Receptor: dihidropiridina
Túbulos T
Receptor: Rianodina: libera calcio del retículo sarcoplasmático
Arterias coronarias: Origen: Base de la aorta



Arteria coronaria derecha: Spere sangre al lado derecho del miocardio/corazón

Ramas Principales: Arteria marginal, arteria interventricular

Arteria coronaria izquierda (arteria coronaria principal: a) arteria circumfleja y (b) arteria anterior descendente

Anastomosis

Funden: arteria posterior interventricular y la arteria anterior descendente

Diástole (relajamiento)

Sístole (contracción)

Aterosclerosis

Cardiopatía coronaria (coronary heart disease, CHD, coronary artery disease, CAD, cardiovascular disease, CVD)

Estrechez de las arterias coronarias

Acumulación de placas

Inflamación

Muerte súbita en atletas: Patologías/anormalidades congénitas: en las arterias coronarias

EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN CARDIACO

Células Cardíacas

1. Depolarizan espontáneamente
2. Marcapaso del corazón: Localizado en el atrio superior derecho
3. Influencias extrínsecas:
 - a. Sistema nervioso autónomo
 - b. Hormonas circulantes

CONTROL INTRÍNSECO DE LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA

A. Marcapaso del Corazón

1. Ritmicidad Espontánea: Propia señal; eléctrica:
 - a. La contracción es rítmica
 - b. Frecuencia Cardíaca (FC) o Heart rate (HR):
Valores Normales:

1) Frecuencia Cardíaca en Reposo (FC_{rep}) Resting Heart Rate (RHR): entre 60 y 100 latidos · min⁻¹

2) Latidos: Contracciones (Sístole), Contracciones Ventriculares

Adaptaciones Crónicas (Entrenamiento Físico-Deportivo de Tolerancia Aeróbica)

EJEMPLO: Corredores Pedestres de Larga Distancia (CPLD)

FC_{Rep}: Puede disminuir hasta 35 latidos · min⁻¹ (o menos)



CPLD Elites/Mundiales: FCrep: 28 latidos · min⁻¹

Inervación autonómica

COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN CARDIACA

A. Nodo Seno Atrial (Nodo SA): Marcapaso del miocardio: Localizado en la porción superior/posterior del atrio derecho

1. Depolarizan espontáneamente: Llegan/permeable a iones de sodio
2. Ritmo sinusal

B. Nodo Atrioventricular (Nodo AV)

1. Impulso eléctrico del atrio a los ventrículos:

a. Demora: alrededor de 0.13 s

C. Haz AV (Haz de His)

1. Localizado en el séptum ventricular (o interventricular)

D. Ramas del Haz:

1. Rama izquierda del haz
2. Rama derecha del haz

E. Fibras de Purkinje

1. Ápice del miocardio

PATOLOGÍAS EN EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DEL MIOCARDIO

CIERTAS ENFERMEDADES CRÓNICAS

A. Ejemplos

1. Bloqueo AV

A. Indicación:

1. Marcapaso artificial

CONTROL EXTRÍNSECO DE LA FRECUENCIA CARDIACA Y EL RÍTMO



Fuerza de Contracción (Contractilidad - Acción Inotrópica)

A. Sistemas Extrínsecos que Regular el Ritmo y la Frecuencia Cardíaca

1. El sistema nervioso parasimpático
2. El sistema nervioso simpático
3. El sistema endocrino (hormonas)

SISTEMA NERVIOSO AUTONÓMICO O VEGETATIVO

I. SISTEMA NERVIOSO PARASIMPÁTICO

A. Origen

1. Tallo Encefálico:

a. Médula Oblongata o Bulbo Encefaloraquídeo

2. Componentes Nerviosos:

a. Nervio vago (nervio craneal X):

1) Conducción/impulso eléctrica/nervioso (depolarización): Hacia el Nodo SA y Nodo AV

2) Libera acetilcolina:

a) Causa hiperpolarización de las células de conducción

b) Resultado: Disminución espontánea de la despolarización y una reducción en la frecuencia cardíaca.

3) Tono vagal (predominio del sistema nervioso parasimpático):

a) Efecto inotrópico negativo: predomina en reposo: de 60 a 80 latidos por minuto

b) Si aumenta será sobre 100 latidos por minuto (taquicardia)

c) disminuye la fuerza de contracción de las células cardíacas:

Efecto inotrópico negativo de las fibras musculares cardíacas

II. SISTEMA NERVIOSO SIMPÁTICO

A. Acción/Función

1. Aumenta la tasa de despolarización del Nodo SA
2. Incrementa la velocidad de conducción



3. Ocasiona un Efecto Cronotrópico Positiva: Aumenta la FC: hasta 250 latidos por minuto (Taquicardia FC sobre 100 latidos por minuto).

4. Produce un efectos inotrópico positivo de las fibra musculares cardíacas:

a. Aumenta la fuerza de contracción de los ventrículos

B. Estímulos para el Sistema Nervioso Simpático

1. Ejercicio físico

2. Estresantes psicosociales

TERCERA INFLUENCIA EXTRÍNSECA DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN CARDIACO

EL SISTEMA ENDOCRINO: GLÁNDULAS Y HORMONAS

HORMONAS O NEUROTRANSMISORES: CATECOLAMINAS

Grándula Endocrina: Médula Adrenal: La estimulación simpática de esta glándola incita a la liberación de las hormonas norepinefrina y epinefrina. Esto es común durante periodos de distrés (o estrés negativo).

A. Norepinefrina

1. Estimula el corazón

B. Epinefrina:

1. Estimula el corazón: Aumenta la tasa y contractilidad del corazón

EL CORAZÓN DEL ATLETA

CORREDORES PEDESTRES DE LARGA DISTANCIA (CPLD)

A. Incremento en el Tono Vagal (Aumento en la Estimulación Simpática)

Aún esto se encuentra bajo estudio.

1. Efecto/Resultado: (Adaptación Morfofuncional del Ejercicio Crónico Aeróbico)

a. Bradicardia: Frecuencia Cardíaca en Reposo menor que 60 latidos por minuto

HIPÓTESIS

A. Hipótesis Autonómico Neural



Cambio hacia el balance neural autonómico (influencias sinpáticas versus Parasimpáticas)

1. Evaluación indirecta de la regulación cardiaca autonómica

a. Derivado de intervenciones farmacológicas

Los cambios son inherentes en la tasa del marcapaso cardiaco (tasa de despolarización espontanea de las células del nodo SA)

B. Hipótesis de la Tasa Intrínseca

MODELOS EXPERIMENTALES CANINOS
y
PACIENTE DE TRANSPLANTES DEL CORAZÓN

A. Eliminación Quirúrgica de la Inervación Autonómica Cardiaca

BRADICARDIA DE ENTRENAMIENTO

Hipótesis de la Tasa Intrínseca

1. No es el resultado de un aumento en el tono vagal

2. Se sugiere que es el resultado de una remodelación eléctrica propia del Nodo SA:

a. Investigaciones con rohedores:

1. Regulación descendente de los canales de los iones cardiacos: Esto cambia directamente la función del marcapaso del corazón (el Nodo SA)

EVIDENCIA DE LAS INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Reducciones en la Frecuencia Cardiac mediado por Alteraciones en la Función de Nodo SA

ELECTROCARDIOGRAFÍA (EKG): EL ELECTROCARDIOGRAMA

EL ELECTROCARDÓGRAFO (MÁQUINA DE EKG)

Aparato que permite la:

A. Medición de la Actividad Eléctrica del Corazón: Su Sistema de Conducción



EL ELECTROCARDIOGRAMA (TRAZADO IMPRESO DE EKG)

ELECTRODOS (PARCHOS)

A. Diferentes Vistas del Corazón

1. Son 10 Electródos de 12 Derivaciones

ONDAS OBTENIDAS DE LA FUNCIÓN CARDIACA ELÉCTRICA

A. Onda P

1. Despolarización de las aurículas:

a. RESULTA/OCURRE CUANOD EL: Impulso eléctrico viaja del Nodo SA a través del atrio hasta el Nodo AM

B. El Complejo QRS

1. Despolarización de los ventrículos:

a. RESULTA/OCURRE CUANOD EL: Impulso eléctrico viaja/recorre desde el haz AV hacia las fibras de Purkinje y a través de los ventrículos.

C. La Onda T

1. Repolarización de los ventrículos.

PRUEBA DE EKG DE ESFUERZO

I. ARRITMIAS CARDIACAS

A. RITMO SINUSAL NORMAL

BRADICARDIA

Una frecuencia cardiaca en reposo menor que 60 latidos por minuto

TAQUICARDIA

Una frecuencia cardiaca en reposo mayor que 100 latidos por minuto.

B. EXTREMOS DE LA BRADICARDIA Y TAQUICARDIA



1. Alteraciones para el mantenimiento de la presión arterial (PA) [o blood pressure, BP] normal

C. EXTRASÍSTOLES VENTRICULARES O CONTRACCIONES VENTRICULARES PREMATURAS (PREMATURE VENTRICULAR CONTRACTIONS, PCVs)

Se saltan latidos.

D. ALETEO AURICULAR

Despolarización de las aurículas a frecuencias de 200 a 400 latidos por minuto.

E. FIBRILACIÓN AURICULAR

Los atrios se despolarizan en una manera rápida y descoordinada

G. TAQUICARDIA VENTRICULAR

tres (3) o más extrasístoles ventriculares consecutivos. Compromete la capacidad de bombeo del corazón, y puede desenxadenar en

H. FIBRILACIÓN VENTRICULAR

1. La despolarización de los ventrículos es aleatoria y descoordinada. Prácticamente no se eyecta sangre del corazón.
2. Requiere el uso de un defibrilador. La finalidad es que regrese el ritmo sinusal normal, de lo contrario la persona no podrá sobrevivir.

EL CICLO CARDIACO

A. Concepto/Descripción

El ciclo cardiaco incluye todos los eventos mecánicos y eléctricos que ocurren durante un latido del corazón.

B. Fases del Ciclo Cardiaco

1. Diástole:

- a. Relajamiento de las cámaras/cavidades del corazón.
- b. Las cavidades se llenan de sangre
- c. El doble de duración de la fase sistólica

2. Sístoles:



- a. Fase de contracción de las cámaras/cavidades del corazón
- b. Ocurre la: Contracción de los ventrículos: Eyectan sangre hacia la aorta y las arterias pulmonares

C. Cambios en Presión dentro de las Cavidades/Cámaras de Corazón

- 1. Las presiones se elevan y descienden

D. Flujo de Sangre y Presiones durante el Ciclo Cardíaco

- 1. Relajación de las Aurículas: Alrededor de 70% de la sangre venosa llenan la cavidad del atrio. Circulación venosa llenan las cavidades

CAMBIOS EN LAS PRESIONES DENTRO DE LAS CÁMARAS/CAVIDADES DEL CORAZÓN DURANTE EL CICLO CARDÍACO

A. Diástole Auricular (Atrios Relajados)

- 1. Dirección del flujo sanguíneo:

El flujo sanguíneo de la circulación venosa llena las cavidades/cámaras

DIÁSTOLE VENTRICULAR

- 1. Disminución en la Presión Intraventricular: Ocasiona: Flujo de Sangre (Pasivamente) hacia los Ventrículos
- 2. Contracción de las aurículas: Provee el llenado final del Volumen de sangre: Ocasiona: Aumento leve en la Presión Intraventricular
- 3. Contracción ventricular: Ocasiona: Incremento en la Presión Intraventricular: Causa: Cierre de las Válvulas atrioventriculares (Válvulas Tricúspide y Mitral): Esto previene el reflujo de sangre de los ventrículos a las aurículas

- 2. Contracción de los atrios: eyectan el remanente del 30% de la sangre hacia los ventrículos

Primer Sonido del Corazón: Cierre de las Válvulas atrioventriculares

Presión Intraventricular mayor que la Presión en las Presión Pulmonar y de la Aorta: genera el Flujo de Sangre hacia las circulaciones Pulmonares y Sistémicas

Segundo Latido: Posterior a la Contracción Ventricular: Disminución de la Presión Intraventricular: Cierre de las Válvulas Pulmonares y Aórticas

Sonidos: Válvulas cerrando



Estetoscopia

Ambos sonidos: "lub, dub"

DETERMINANTES DEL GASTO CARDIACO, RENDIMIENTO CARDIACO, O MINUTO CARDIACO (CARDIAC OUTPUT)

A. Gasto Cardaco (GC o Q) (Cardiac Output, CO o Q)

1. Concepto:

- a. La cantidad del volumen total de sangre eyectada por el ventrículo izquierdo durante cada minuto.
- b. El producto de la frecuencia cardiaca (FC) y el volumen de eyección sistólica (VES)

2. Valores:

- a. Adultos: Posición de pie: en promedio: entre 60 y 80 mL de sangre

DADO:

FCrep = 70 latidos/min

Qrep: entre 4.2 y 5.6 litros por minuto (L/min)

- b. Cuerpo del adulto promedio: Contiene alrededor 5 litros (L) de sangre

3. Adpatación crónica (a raíz del entrenamiento físico):

a. Mejora

Se reduce en el deterioro (detraining)

B. Volumen de Eyección Sistólica (VES) o Sroke Volume (SV)

1. Concepto:

- a. La cantidad del volumen de sangre eyectada por el ventrículo izquierdo durante cada latido.
- b. La diferencia entre el volumen de sangre ventricular remanente (volumen final diastólico o EDV) y el volumen final diastólico (o EDV):

VES (o SV), en ML/latido = EDV - ESV

Ejemplo:



VES (o SV) = 100 mL - 40 mL
= 60 mL/latido

2. Volumen diastólico final o end-diastolic volume (EDV):

- a. Volumen de sangre al final de la diástole. Volumen de sangre remanente en el ventrículo luego de su contracción (sístole)
- b. En reposo: 100 mL

3. Volumen sistólico final o end-systolic volume (ESV):

- a. Volumen de sangre que permanece en el ventrículo luego de éste completar su eyección de sangre durante la contracción (sístole):
- b. En reposo: Es aproximadamente 40 mL

C. Fracción de Eyección (FE) o Ejection Fraction (EF)

1. Concepto/descripción:

- a. La fracción de sangre eyectada del ventrículo izquierdo en relación a la cantidad de sangre remanente (que estaba) en el ventrículo antes de la contracción.
- b. Se expresa como un porcentaje

2. cálculo:

- a. División del Volumen de Eyección Sistólica por el EDV:

$$EF (\%) = (VES / EDF) \times 100$$

3. Valores:

- a. Reposo (adultos activos saludables): 60%

4. Importancia clínica:

- a. Índice de la capacidad contractil (de bombeo) del corazón

ACCIÓN EYECTORIA (DE BOMBEO) DEL CORAZÓN DURANTE EL EJERCICIO

A. Miocardio

- 1. Acción contractil como una sola unidad: Necesario para eyectar sangre eficientemente.



a. Estructura miocárdica que permite tal función:

Fibras miocárdicas interconectadas anatómicamente de extremo a extremo por discos intercalados

B. Ejercicio Agudo de alta Intensidad:

a. Tiempo disponible entre contracciones para el llenado diastólico: Muy escueto (corto)

b. Contracción torsional:

1) Contractilidad aumentada durante el ejercicio: Empleado por el corazón para mejorar el llenado ventricular izquierdo:

2) la torsión durante la sístole almacena energía, la cual es luego liberada durante la relajación isovolumétrica

SISTEMA VASCULAR

Vasos sanguíneos
transportan sangre
desde el corazón hacia los tejidos

VASOS SANGUÍNEOS

A. Arterias

Concepto/Descripción:

1. Vasos compuestos de músculo liso
2. Conductos elásticos
3. Transportan sangre fuera del corazón y hacia las arteriolas.

Aorta:

1. Arteria más grande
2. Transporta sangre desde el ventrículo izquierdo hacia todas las regiones del cuerpo.
3. Eventualmente esta sangre se distribuye hacia ramas arteriales cada vez más pequeñas.
3. Finalmente se ramifican hacia arteriolas cada vez más pequeñas.



B. Arteriolas

1. Sitio de mayor control de la circulación por el sistema nervioso simpático.
2. De esto, se le otorgan a las arteriolas el nombre de vasos de resistencia
3. Las arteriolas son fuertemente inervadas por el sistema nervioso simpático,
4. Representan el sitio de mayor control del flujo sanguíneo hacia tejidos específicos.

C. Capilares

1. A partir de las arteriolas, la sangre entra a los capilares.
2. Representan el vaso sanguíneo más estrecho
3. Sus paredes son del grosor de una célula,

D. Vénulas

1. La sangre deja los capilares e inician su travesía hacia el corazón vía las vénulas.

E. Venas

1. A partir de las vénulas, la sangre deoxigenada (proveniente de los desechos metabólicos de las células, viajan a lo largo de las venas.
2. Vena Cava:
 - a. Es la vena grande que transporta la sangre deoxigenada, proveniente de todas las regiones del organismo humano, hacia el atrio derecho.
 - b. Vena cava superior: Llega la sangre deoxigenada que proviene de las regiones superiores del cuerpo.
 - c. Vena cava inferior: Llega la sangre deoxigenada que proviene de las regiones inferiores del cuerpo.

PRESIÓN ARTERIAL (PA) O BLOOD PRESSURE (BP)

A. Presión Arterial Sistólica o Systolic Blood Pressure (SBP)

1. Valor más elevado
2. Representa la presión más elevada en la arteria que ocurre durante la sístole ventricular.

B. Presión Arterial Diastólica o Diastolic Blood Pressure (DBP)

1. La presión más baja en la arteria
2. Corresponde a la diástole ventricular, periodo durante el llenado ventricular



C. Presión del Pulso o Pulse Pressure

1. La diferencia entre la presión arterial sistólica y la presión arterial diastólica:

$$\text{Presión del Pulso} = \text{SBP} - \text{DBP}$$

D. Presión Arterial Media (PAM) o Mean Arterial Pressure (MAP)

1. Representa la presión promedio de la sangre conforme viaja a través de las paredes de las arterias durante un ciclo cardíaco.

2. Debido a que la diástole toma el doble del tiempo al compararse con la sístole en un ciclo cardíaco normal, la MAP puede ser estimada de la DBP y la SBP, como sigue:

$$\text{MAP} = 2/3 \text{ DBP} + 1/3 \text{ SBP}$$

Alternativamente,

$$\text{MAP} = \text{DBP} + [0.333 \times (\text{SBP} - \text{DBP})]$$

3. Ejemplo para el cálculo de la MAP:

DADO:

PA en reposo = 120 mmHg sobre 80 mmHg

SBP = 120 mmHg

DBP = 80 mmHg.

CONOCIDO

$$\text{MAP} = \text{DBP} + [0.333 \times (\text{SBP} - \text{DBP})]$$

SOLUCIÓN

$$\begin{aligned} \text{MAP} &= 80 + [0.333 \times (120 - 80)] \\ &= 80 + [0.333 \times (40)] \\ &= 80 + (0.333 \times 40) \\ &= 80 + 13.32 \\ &= 93.32 \\ &= 93 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

HEMODINÁMICA GENERAL

Principios



La Diferencia en Presión (Presión Diferencial) a lo Largo del Vaso Sanguíneo:
Determinante para la Presencia de una Flujo de Sangre

1. Sistema Cardiovascular = Sistema continuo de un bucle cerrado
2. En la hemodinámica, se estudia la: Relación entre: (a) Presión, (b) Flujo Sanguíneo y (c) Resistencia.
3. La: Diferencia en Presión: Permite el flujo de sangre a través de un vaso sanguíneo.
4. Con respecto al: Flujo de Sangre a lo largo de un Vaso Sanguíneo: Viaja/se mueve desde una región de alta presión hacia otra región en el vaso de baja presión.
5. Si no existe una diferencia en presión a lo largo del vaso sanguíneo, entonces no habrá una fuerza impulsora, de manera que existirá un flujo de sangre.
6. Presión arterial promedio (MAP) en el sistema circulatorio: Reposo
 - a. Aorta:
 - 1) En reposo, la presión arterial promedio en la aorta es aproximadamente 100 mmHg.
 - b. Aurícula (o Atrio) Derecho:
 - 1) La MAP es cerca de 0 mmHg
 - c. Sistema Circulatorio General (Total)
 - 1) Dado los hechos arriba mencionados, la diferencia en presión a lo largo de todos el sistema circulatorio es:
 $100 \text{ mmHg} - 0 \text{ mmHg} = 100 \text{ mmHg}$
 - d. La razón para esta presión diferencial desde la región arterial hasta la circulación venosa es que:
 - 1) Resistencia al Flujo de Sangre a nivel de los Vasos Sanguíneos:
Esto ocurre principalmente en las arteriolas.
 - a) Los propios vasos sanguíneos proveen resistencia a flujo de sangre
 - b) Estas propiedades incluyen:
 - Longitud del vaso sanguíneo



- Radio del vaso sanguíneo
- Viscosidad (o espesor) de la sangre que fluye a través del vaso sanguíneo

Las variables de arriba se calculan a base de la siguiente fórmula:

$R = n \times L / r^4$, donde:

R = Resistencia Periférica o Vascular Sistémica

n = Viscosidad (espesor) de la sangre

L = la Longitud (o largo) del vaso sanguíneo

r = radio del vaso sanguíneo, el cual se eleva a la cuarta potencia

7. Principios:

- a. El flujo de sangre es directamente proporcional a la diferencia a lo largo del sistema circulatorio.
- b. El flujo de sangre es inversamente proporcional a la resistencia vascular

La relación de arriba se puede expresar en la ecuación que sigue:

Flujo de Sangre = Δ presión/R, donde:

Δ presión = Presión Diferencial: La diferencia en la Presión a lo largo de los vasos sanguíneos

R = Resistencia Periférica o Vascular Sistémica

Dado o planteado arriba, el flujo de sangre puede aumentar sea por:

- un incremento en la presión diferencial (Δ presión)
- una disminución en la Resistencia Periférica Vascular, o
- una combinación de las dos

8. Resumen:

- a. En términos de el sistema cardiovascular en su totalidad, el gasto cardiaco es el flujo de sangre para todos el sistema
- b. Δ presión representa la diferencia entre la presión aórtica cuando la sangre deja el corazón y la presión venosa cuando la sangre regresa al corazón

8. Causas para los cambios en la resistencia vascular:

- a. Cambio en el radio o diámetro de los vasos sanguíneos:



Esto, dado que la viscosidad de la sangre y la longitud de los vasos sanguíneos no cambian significativamente bajo condiciones normales

9. Mecanismos principales involucrados para la regulación del flujo de sangre hacia los órganos del organismo humano:

Con el fin que el sistema cardiovascular pueda desviar el flujo sanguíneo hacia los tejidos corporales que lo necesitan, puede ocurrir mediante cambios pequeños en el radio de los vasos sanguíneos, que son:

a. Vasoconstricción:

reducción en el radio (o diámetro) del vaso sanguíneo.

b. Vasodilatación:

aumento en el radio (o diámetro) del vaso sanguíneo.

10. Cambios en la Presión Arterial a lo largo del Sistema Vascular:

a. Arterias:

1) La presión disminuye de forma consistente a lo largo de la porción de las arterias del sistema circulatorio.

2) Las arterias son responsables para aproximadamente el 70 al 80 % de la caída en la MAP a lo largo de todo el sistema cardiovascular:

a) Son las que principalmente controlan el flujo sanguíneo

b) Esto es importante porque cambios pequeños en el radio de la arteria afectan grandemente la regulación de la presión media de las arterias y el control local del flujo de sangre.

b. Capilares:

a. En los capilares, ya no son evidentes los cambios que se ven en la sístole y diástole.

b. El flujo de sangre es suave (laminar), en vez de turbulento

DISTRIBUCIÓN DE LA SANGRE

Determinantes

1. Las necesidades inmediatas de un tejido específico, al compararse con aquellas otras áreas del cuerpo.



2. Regla general:

a. Los tejidos más activos metabólicamente: reciben la mayor porción de la provisión sanguínea.

Durante el Ejercicio

1. La sangre se redirige en las áreas donde se necesita como prioridad.
2. Durante un ejercicio de tolerancia vigorosos, los músculos esqueléticos activados reciben 80% o más del flujo de sangre. Por su parte, disminuye el flujo de sangre hacia el hígado y los riñones.

Esta redistribución, junto al aumento en el gasto cardiaco, permite hasta un flujo de sangre 25 veces más hacia los músculos activos.

Luego de una Cena Grande:

1. El sistema digestivo recibe más del gasto cardiaco disponible que cuando el sistema digestivo se encuentra vacío.
2. Durante aumentos en estrés de calor ambiental, aumenta el flujo sanguíneo de la piel con la finalidad de mantener la temperatura interna del cuerpo normal.

Ajustes del Sistema Cardiovascular en Redistribuir la Sangre: En Acuerdo a las Demandas:

1. para satisfacer las demandas del metabolismo durante la práctica de ejercicios físicos.
2. Para la digestión de alimentos consumir
3. Para facilitar la termorregulación

REGULACIÓN DE LA REDISTRIBUCIÓN DEL GASTO CARDIACO

A Sistema Nervioso Simpático

1. Mecanismo: Activación/estímulo nervioso (nervios simpáticos) del músculo liso de las arteriolas. Responden a mecanismos de control local.

a. Vasodilatación (aumento del diámetro) o Vasoconstricción (disminución del diámetro) de las arteriolas:

1) Esto propicia el flujo de sangre hacia un tejido u órgano dado, según sea la demanda



B. Control Intrínseco del Flujo de Sangre

1. Concepto/Descripción:

a. El control intrínseco de la distribución del flujo sanguíneo se refiere a:

- 1) La capacidad de los tejidos locales para ejercer acciones de vasodilatación o vasoconstricción de las arteriolas que le sirven y
- 2) Alterar el flujo de sangre regional, dependiendo de las demandas inmediatas de estos tejidos

2. Control intrínseco del flujo sanguíneo durante el ejercicio, lo que genera:

a. Un aumento en la demanda metabólica de los músculos esqueléticos activos:

Como resultado, las arteriolas sufren una vasodilatación intrínseca, lo que produce un aumento en su diámetro y, así, permite que entre más sangre a los tejidos altamente activos.

3. Tipos de Control Intrínseco del Flujo Sanguíneo:

a. Regulación metabólica:

1) Se origina a raíz de una mayor demanda de oxígeno. Representa el estímulo más fuerte para la liberación de químicos locales que ocasionan vasodilatación de las arteriolas.

a) Tejidos Activos Metabólicamente - ocasionan un aumento en el consumo de oxígeno - como resultado disminuye la disponibilidad de oxígeno - así las arteriolas locales se vasodilatan - para aumentar la perfusión local de sangre - lo que incrementa la provisión de oxígeno

b) Otros químicos que pueden estimular el aumento en el flujo de sangre local:

- ▶ Disminución en ciertos nutrientes
- ▶ Aumento en desechos metabólicos (e.g., bióxido de carbono, iones de potasio [K⁺], iones de hidrógeno [H⁺], ácido láctico y otros)
- ▶ Moléculas inflamatorias

b. Vasodilatación mediado por el endotelio:

1) Sustancias vasodilatadoras producidas dentro del endotelio (revestimiento interno) de las arteriolas: Inician la dilatación de los músculos lisos de las arteriolas afectadas por estas sustancias



2) Sustancias vasodilatadoras: Importantes en reposo y durante el ejercicio

- a) Óxido nítrico (NO)
- b) Prostaglandinas y
- c) factor hiperpolarizante derivado del endotelio (endothelium-derived hyperpolarizing factor (EDHF))
- d) Acetilcolina
- e) Adenosina

Durante el ejercicio, la acetilcolina y adenosina poseen el potencial de ocasionar vasodilatación, lo que aumenta el flujo de sangre hacia los músculos esqueléticos activos.

c. Respuesta miogénica: Pueden producir vasodilatación o vasoconstricción

1) Se refiere a cambios hidrotáticos (en presiones) dentro de los propios vasos

2) Mecanismo:

- a) Un aumento en la presión a lo largo de las paredes de los vasos sanguíneos causa la contracción/constricción (vasoconstricción) de los músculos lisos de los vasos
- b) Por su parte, como respuesta a una disminución en la presión a través de las paredes de los vasos sanguíneos, se relajan (vasodilatación) los músculos lisos de tales vasos

B. Control Extrínseco del Flujo de Sangre - Regulación Neural

1. Concepto/Descripción

El sistema cardiovascular debe desviar el flujo de sangre donde se necesite: se de manera ascendente del ambiente local

Se refiere al control que ejerce el sistema nervioso para la redistribución de sangre en el sistema circulatorio o a nivel de los órganos/tejidos

1. Función del Sistema Nervioso Simpático en la Regulación del Flujo Sanguíneo hacia la Circulación Sistémica del Organismo Humano

a. Nervios simpáticos estimulan las capas circulares del músculo liso dentro de las paredes de una arteria o arteriola:

1) Esto causa vasoconstricción. Esto, por contracción de las células de los músculos lisos, lo que produce constricción de los vasos sanguíneos. El resultado neto es una disminución en el flujo de sangre.



b. Bajo condiciones de reposo normales:

1) los nervios simpáticos transmiten impulsos continuamente hacia los vasos sanguíneos particularmente las arteriolas):

a) Tono vasomotor (en reposo): Vasoconstricción tónica, a raíz de la estimulación leve de los nervios simpáticos

Consecuentemente, esto mantiene una constricción moderada sobre estos vasos sanguíneos, de manera que se mantenga una presión de sangre adecuada.

c. Desde un estado de reposo, si aumenta aún más la estimulación simpática, se genera una constricción más fuerte de los vasos sanguíneos en un área específica, lo cual ocasiona una disminución en el flujo de sangre dentro de tal área. Como resultado, podrá retribuirse el flujo de sangre hacia otras zonas donde se necesite.

d. Por el otro lado, desde un estado de reposo, si disminuye la estimulación simpática por debajo del nivel requerido para mantener el tono de los músculos lisos de los vasos, se perderá la constricción de los vasos en tal área, lo que causa que los vasos sanguíneos se dilaten pasivamente, lo que aumenta el flujo de sangre hacia dicha área.

e. En resumen:

1) la estimulación de los nervios simpáticos a nivel de los vasos sanguíneos arteriales (e.g., las arteriales: - causa Vasoconstricción

2) Por su parte, el flujo de sangre puede aumentar pasivamente - por medio de una disminución del nivel del tono normal, a raíz de una salida simpática.

CONTROL LOCAL DEL FLUJO SANGUÍNEO A NIVEL DE LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

PRINCIPIOS:

1. Los músculos esqueléticos activos (en contracción) representan la respuesta medular de la fisiología del ejercicio
2. Existen mecanismos únicos muy particulares que apoyan un incremento en el flujo sanguíneo hacia estos músculos esqueléticos activos.

RESPUESTAS DEL FLUJO SANGUÍNEO DURANTE UN EJERCICIO AERÓBICO

A. Requisito



Durante un ejercicio aeróbico, debe aumentar el flujo de sangre hacia los músculos esqueléticos activos. Esto para poder satisfacer la demanda metabólica de estos músculos esqueléticos

B. Mecanismo que permiten un Incremento en el Transporte y Provisión de Oxígeno hacia Los Músculos Esqueléticos Activos durante una Ejercicio Agudo.

1. Alteración local del flujo sanguíneo
2. Incremento en la extracción de oxígeno a nivel tisular

RESPUESTAS DE LA VARIABLE FLUJO SANGUÍNEO ANTE UN EJERCICIO AGUDO

A. Actividad del Sistema Nervioso Autonómico/Vegetativo.

1. Sistema Nervioso Simpático:

a. Aumenta:

- 1) El ejercicio se ve acompañado por un incremento generalizado de la actividad nerviosa simpática.
- 2) Esto incluye aquella dirigido hacia el músculo, lo que causa vasoconstricción

B. Simpatólisis Funcional

1. Mecanismo nervioso/simpático dirigido a superar la Vasoconstricción Sistémica, de manera que sea posible aumentar el flujo sanguíneo.

2. Proceso fisiológico:

a. Se liberan moléculas vasoactivas desde los músculos esqueléticos activos y el endotelio.

b. Como resultado, disminuye la sensibilidad a la activación de los receptores alfa (α)-adrenérgicos. Esta acción inhibe la vasoconstricción simpática

c. En otro orden, las células endoteliales liberan moléculas conocidas como factores hiperpolarizantes derivados del endotelio (endothelial-derived hyperpolarizing factors, EDHF). Esto provoca que sea más difícil que las células de los músculos lisos se contraigan en respuesta al estímulo simpático.

1) Ejemplo:



a) Se sabe que el ATP liberado del endotelio y de las células sanguíneas rojas - pueden causar - hiperpolarización del músculo liso vascular, esto propicia a la cancelación de la vasoconstricción mediada por los receptores α -adrenérgicos.

b) También, el fenómeno de la simpátolisis funcional ayuda a optimizar la distribución del flujo de sangre muscular, de manera que se satisfaga/equilibra la perfusión tisular con la demanda metabólica originada durante el ejercicio.

C. Vasodilatación Compensatoria

1. Mecanismo fisiológico activado durante estados disminuidos de oxígeno arterial

2. Procesos:

a. Durante periodos de una disponibilidad limitada de oxígeno bajo condiciones reducidas del oxígeno arterial (e.g., hipoxia) o una disminución en la presión de perfusión:

1) Se dilatan las arteriolas (vasodilatación) de los músculos esqueléticos con la finalidad de compensar por la reducida provisión de oxígeno

3. Resumen:

Hipoxia → Disminución en el Contenido del Oxígeno Arterial → Reducción en la Disponibilidad de Oxígeno → Vasodilatación de las Arteriolas de los Músculos Esqueléticos → Aumento en la Extracción de Oxígeno al Nivel Tisular

o

Disminución de la Presión Periférica → Vasodilatación de las Arteriolas de los Músculos Esqueléticos → Aumento en la Extracción de Oxígeno al Nivel Tisular

Ejercicio Agudo → Músculos Esqueléticos Activos → Control Local del Flujo de Sangre en estos Músculos Activos → Mecanismos Estudiados → Investigados por Fisiólogos del Ejercicio → Estrategia de Investigación → Inducir una Hipoxia Sistémica Aguda (sujetos respiran una mezcla de aire con un contenido bajo de oxígeno) → Entonces:

Sujetos bajo un Ejercicio Agudo → Respiran mezcla de Gases con un O_2 Reducido → esto Disminuye el Contenido Arterial del Oxígeno durante el Ejercicio o

Sujetos → Se Ocluye el Flujo de Sangre a la Extremidad que se Ejercita → Se Limita Temporalmente el Flujo Sanguíneo a los Músculos Esqueléticos Activos → Disminuye el Contenido del Oxígeno Arterial



Durante un → Ejercicio Submáximo Hipóxico → Flujo Sanguíneo hacia los Músculos Esqueléticos Activos → Es la misma que la Observada durante un Ejercicio Normóxico → Esto debido a al rol de los receptores beta (β) adrenérgicos, Adenoina y Óxido Nítrico (NO)

Ejercicio Hipóxico → Óxido Nítrico (NO) [Vía Final Común] → Respuesta Compensatoria Dilatadora → Vasodilatación Arterial

Bajas Intensidades del Ejercicio → Receptores β -adrenérgicos → Liberación de la Epinefrina Sistémica → Contribuye a la Vasodilatación NO-Mediada

Altas Intensidades del Ejercicio → Disminuye la Contribución de los Receptores β -adrenérgicos

Ejercicio Hipóxico de Alta Intensidad → Globulos Rojos → Liberación de ATP → Estimulan el NO

Ejercicio Hipóxico de Alta Intensidad → Prostacilin-Derivado de Endotelios → Liberación de ATP → Estimulan el NO

GLOSARIO

Pendiente

REFERENCIAS

Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2025). *Physiology of sport and exercise* (9na ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

NOTA ACLARATORIA: Gran parte de las imágenes del portal de Saludmed fueron obtenidas del sitio web de **AdobeStock®** (<https://stock.adobe.com/>), que pertenece a la compañía **Adobe®**, la cual tiene los **Todos los Derechos Reservados (© 2026 Adobe. All rights reserved)**.