Programa de la Unidad Curricular:

Cardiovascular y Respiratorio (UC 11)

1. Ubicación curricular

La Unidad Curricular 11 (UC11) Cardiovascular y Respiratorio es parte del Ciclo Básico Clínico Comunitario. Se desarrolla en el cuarto semestre de la carrera de Doctor en Medicina y tiene una duración de 9 semanas. Se recomienda tener aprobada la UC Biología del Desarrollo y de los Tejidos (UC8) y manejar con solvencia cálculos matemáticos básicos tales como: regla de tres simple, transposición de términos, ecuaciones lineales con una incógnita, cálculos de concentración-dilución, interpretar y “leer” información de un gráfico de una función (o de una relación entre dos variables).

2. Unidades docentes participantes

La UC11 está a cargo de la Unidad Académica de Fisiología quien coordina el curso y lleva a cabo gran parte de las actividades docentes. El curso también cuenta con la participación de la Unidad Académica de Biofísica.

3. Fundamentación y objetivos generales

La UC11 está enfocada al estudio de los Sistemas Cardiovascular y Respiratorio. Su objetivo general es contribuir a la formación del estudiante de la carrera Doctor en Medicina en los contenidos específicos definidos en la Unidad, en acuerdo con el perfil de formación y competencias del egresado.

Los principales temas que competen a la presente UC, con un enfoque básico y cuando la temática lo amerita, con proyección clínica, se organizan en varias unidades temáticas (UT) y se abordan a lo largo de 9 semanas. El curso abarca desde el nivel celular y molecular de la función de las células de los sistemas cardiovascular y respiratorio hasta los sistemas encargados de la regulación de su función, así como también la integración cardio-respiratoria.

Los objetivos generales son:

● Propiciar la adquisición, comprensión y aplicación de los conocimientos específicos de la unidad curricular, mediante el desarrollo de habilidades analíticas, reflexivas y responsables que le permitan contextualizar y orientar su aprendizaje hacia el logro de competencias integrales y la optimización de su desempeño académico.

● Promover el desarrollo del espíritu crítico a través de actividades específicas que incluyen el análisis de fuentes de información adecuadas.

● Promover la adquisición de destrezas relacionadas con la utilización del método científico. Particularmente comprender los pasos en la formulación de una pregunta, planteamiento de hipótesis, elección del modelo y estrategia experimental, obtención y análisis riguroso de los resultados, elaboración de conclusiones y comunicación del proceso.

● Contribuir a fomentar la autonomía, adquirir hábitos de lectura, y de búsqueda y selección de la información. Se promoverá el desarrollo del pensamiento crítico a través de promover en el estudiantado la capacidad de análisis, abstracción y la adquisición de destrezas de razonamiento, imprescindibles para un adecuado desempeño estudiantil y profesional.

4. Metodologías de enseñanza

- Actividades teóricas (Clases expositivas).

Las clases teóricas o expositivas brindan una visión panorámica, selectiva y jerarquizada de los temas en estudio, los que deberán ser profundizados por el estudiante. Las actividades teóricas se ofrecen en formato audiovisual. Los videos están disponibles para los estudiantes en la plataforma EVA del curso. En el EVA se ponen a disposición foros para que el estudiante realice consultas o aclare sus dudas acerca de los contenidos temáticos tratados.

- Actividades de intercambio sobre aspectos teóricos

En estas instancias se discuten aspectos teóricos sobre los que los estudiantes presentan dudas o sobre los que desean profundizar. Son instancias en las que el docente busca discutir y jerarquizar los aspectos teóricos que se encuentran en los materiales audiovisuales y bibliografía recomendada.

- Talleres de resolución de problemas (TRP) y de demostración experimental:

Este tipo de actividad apuesta al abordaje de problemas de las disciplinas básicas cuya resolución colectiva, en interacción con el docente responsable y la bibliografía recomendada, buscando recrear los conceptos fundamentales de cada unidad temática (UT) incluidas en el listado de objetivos de aprendizaje. Estas instancias contemplan la integración interdisciplinaria (fisiología, biofísica, histología, bioquímica). El material para cada una de ellas estará disponible en EVA y consiste de un conjunto de problemas (situaciones experimentales, ejercicios) elaborados específicamente en relación a los objetivos mencionados. Cada subgrupo de estudiantes trabaja bajo la supervisión de un docente y un ayudante de clase. La actividad prevé la participación activa de los estudiantes y el trabajo en equipo promoviendo el pensamiento crítico. Finaliza con la presentación por parte de los estudiantes de problemas seleccionados. El resto de los problemas requerirán que los estudiantes trabajen en ellos de forma autónoma, existiendo un foro en EVA para las consultas correspondientes.

En los talleres de demostración de actividades experimentales se pretende abordar los pasos involucrados en la formulación de una pregunta, el planteo de hipótesis asi como la formulación de objetivos generales y específicos. Se proponen problemas cuya resolución requiere obtener datos del registro de variables biológicas en un animal experimental o en una persona (cumpliendo con los protocolos ya aprobados). Las actividades y su registro se encuentran disponibles en formato audiovisual en el EVA del curso. Estos recursos deben ser visualizados previo a la clase.

- Taller de integración Básico-Clínico:

Esta actividad se realiza en forma coordinada entre la UC11 y la UC19 (Clínica Médica). Tiene por objetivo integrar, a través de la presentación de un caso clínico como desencadenante de preguntas problema, los conceptos adquiridos en la UC11 y proyectar su aplicación en la clínica. Al igual que en los TRPs del curso, el material para esta instancia estará disponible en EVA. Comienza con la presentación del caso

clínico por docentes de UC19. Luego los estudiantes trabajarán en subgrupos bajo la supervisión de un docente de UC11 y un docente de UC19. La actividad prevé la participación activa de los estudiantes, el intercambio con los docentes y el trabajo en equipo promoviendo el pensamiento crítico. Finaliza con la discusión por parte de los estudiantes de los problemas planteados con guía de los docentes de ambas UCs.

5. Organización de la unidad curricular

El curso está organizado en base a unidades temáticas (UT) cuyos contenidos se abordan a lo largo de las 9 semanas según el siguiente esquema:

Semanas 1-2. UT1: Propiedades básicas del miocardio. UT2: El corazón como órgano. Actividad eléctrica y función de bomba.

Semanas 2-3. UT3: Hemodinamia.

Semana 4. UT4: Regulación y adaptación de la función cardiovascular

Semana 5-6. UT5: Leyes de los gases. Relación estructura-función de pulmones y vías aéreas. Mecánica tóraco-pulmonar. UT6: Ventilación y perfusión pulmonar, intercambio respiratorio y transporte de gases.

Semana 7-9. UT7: Control del sistema respiratorio. UT8: Fisiología cardio-respiratoria en diferentes situaciones.

Para todas las UT existen actividades teóricas y TRP.

En el Anexo 1 se detallan los objetivos de aprendizaje y los contenidos correspondientes a cada UT, así como la bibliografía y los materiales recomendados.

6. Carga horaria y créditos

Horas teóricas	Horas prácticas (TRP y demostración de actividad experimental)
52 horas de clases teóricas (formato audiovisual) 8 horas de videoconferencias en vivo (formato zoom ó modalidad híbrida)	78 horas de talleres de resolución de problemas y demostración de actividad experimental

La carga horaria total del curso, considerando lo establecido por la Universidad de la República para la determinación de créditos, es de : (60*2) + (78*1.5) = 237 horas.

7. Formas de evaluación y aprobación de la unidad curricular

- **Formas de Evaluación**

Durante el curso se realizan 2 pruebas parciales. Estas evaluaciones se centran en los objetivos de aprendizaje correspondientes a los temas abordados y se relacionan con todo el contenido abordado en las diferentes actividades del curso, basándose en la bibliografía recomendada. Las evaluaciones consisten en pruebas de preguntas de opción múltiple o formato equivalente. El puntaje máximo de cada prueba parcial es de 30 puntos.

- **Aprobación de la Unidad Curricular**

Requisitos para la aprobación

- Realizar las dos evaluaciones parciales y que el porcentaje promedio entre ambas pruebas sea igual o mayor al 40%.

En caso de no cumplir con este requisito el resultado es Reprobado y el estudiante deberá volver a cursar la UC.

En caso de cumplir dicho requisito, el resultado puede ser: Aprobado o Rinde examen.

Aprobado: se requiere que el porcentaje promedio entre las dos pruebas parciales sea igual o mayor al 60%.

Rinde examen: se requiere que porcentaje promedio entre las dos pruebas parciales sea igual o mayor al 40% y menor al 60%.

El examen consiste en una prueba escrita con preguntas de opción múltiple o formato equivalente. Para aprobar el examen se requiere obtener una calificación igual o superior al 60% del puntaje máximo.

8. Devolución

Con posterioridad a cada evaluación se publicarán en EVA las preguntas con su correspondiente respuesta correcta incluyendo una breve argumentación.

DOCUMENTOS ANEXOS:

Anexo 1: Programa detallado del curso

Contiene: objetivos de aprendizaje organizados por contenidos temáticos y bibliografía de cabecera y complementaria.

Anexo 2: Documento de información para el estudiante.

Anexo 1: Unidades temáticas y objetivos de aprendizaje del curso. Bibliografía recomendada.

1. Contenidos temáticos

Los contenidos se agrupan en 8 Unidades Temáticas (UT):

UT1: Propiedades básicas del miocardio.

UT2: El corazón como órgano. Actividad eléctrica y función de bomba.

UT3: Hemodinamia.

UT4: Regulación y adaptación de la función cardiovascular.

UT5: Leyes de los gases. Relación estructura-función de pulmones y vías aéreas. Mecánica tóraco-pulmonar.

UT6: Ventilación y perfusión pulmonar, intercambio respiratorio y transporte de gases.

UT7: Control del sistema respiratorio.

UT8: Fisiología cardio-respiratoria en diferentes situaciones.

Sistema cardiovascular

UT1: Propiedades básicas del miocardio.

Conceptos de fisiología y biofísica celular y tisular del músculo cardiaco. Miocardio específico e inespecífico. Actividad eléctrica de membrana de tejidos excitables (potencial de reposo y de acción), automatismo, conducción eléctrica, el acoplamiento excitación-·contracción muscular, la contractilidad y capacidad de relajación muscular, la distensibilidad y elasticidad muscular. Características mecánicas de la fibra miocárdica aislada: precarga, poscarga, inotropismo, lusitropismo, tensión pasiva, tensión activa.

UT2: El corazón como órgano. Actividad eléctrica y función de bomba

Bases de la electrocardiografía. Comprensión e interpretación del registro electrocardiográfico. Relación entre la actividad eléctrica y la respuesta mecánica cardíaca. Estructura anatómica del corazón como órgano tridimensional. Ciclo cardíaco en sus diferentes manifestaciones: cambios eléctricos, biomecánicos y hemodinámicos. Conceptos de volumen sistólico, gasto cardíaco, tensión parietal, eficiencia y trabajo cardiaco, precarga, poscarga, inotropismo, lusitropismo, cronotropismo, elastancia ventricular, fracción de eyección. Función ventricular, relación presión-volumen ventricular y sus determinantes. Principales diferencias entre ventrículo derecho e izquierdo. Particularidades de la estructura y función cardiaca durante el crecimiento y en estadios fisiológicos particulares (ejemplo: embarazo, vida fetal, niñez, ejercicio).

UT3: Hemodinamia

Aspectos biofísicos y fisiológicos de la circulación de la sangre, la repercusión que sobre ella tiene la actividad cardiaca (el ciclo cardíaco) y la respuesta del sistema vascular. Características específicas de la circulación por arterias, capilares, linfáticos

y venas, en el circuito sistémico y pulmonar. Principales características reológicas de la sangre. Respuestas parietales, mecanismos de intercambio y funciones de conducción y reservorio arterial. Diferencias hemodinámicas y biomecánicas entre diferentes territorios arteriales. Principales características de las ondas de presión, diámetro, velocidad, flujo sanguíneo, tensión de cizallamiento, etc., del sistema arterial. Fisiología del endotelio vascular. Funcionamiento hemodinámico y biomecánico del circuito venoso y características circulatorias del sistema linfático. Valoración de la función macro y microvascular en la práctica clínica. Principales cambios cardiovasculares relacionados con el crecimiento y envejecimiento. Aspectos funcionales distintivos de algunos lechos circulatorios (ejemplo, circulación coronaria, cerebral, hepática, renal, cutánea).

UT4: Regulación y adaptación de la función cardiovascular

Integración de la función cardiovascular y sus principales mecanismos de control. Regulación cardiovascular en condiciones de reposo y frente a cambios de los requerimientos metabólicos (ejemplo, ejercicio físico) en términos de control del gasto cardiaco, flujos sanguíneos regionales y locales y de la presión arterial. Adaptaciones cardiovasculares específicas: crecimiento, envejecimiento y embarazo.

Sistema respiratorio

UT5: Leyes de los gases. Relación estructura-función de pulmones y vías aéreas. Mecánica tóraco-pulmonar**.**

Diferencias entre la respiración externa y la respiración celular. Intercambio gaseoso atmósfera/organismo y sus determinantes. Mecanismos que permiten la entrada y salida de aire a nivel pulmonar. Leyes de los gases y su aplicación en los fenómenos respiratorios. Disolución de los gases en los líquidos, leyes que regulan el flujo de aire y sus resistencias, presiones parciales, etc. Estructura macro y microscópica de las vías aéreas y el pulmón. Relación entre las características estructurales y geométricas de cada sector y la función específica que desempeña. Definir y analizar los diferentes volúmenes y capacidades pulmonares (espirometría). Conceptos físicos que regulan la mecánica estática y dinámica de la caja torácica (sistema pulmonar, torácico y tóraco-pulmonar). Función de los músculos respiratorios y las fuerzas visco-elásticas involucradas. Concepto de compliance y elastancia. Curvas presión-volumen de relajación y fuerzas máximas. Fuerzas requeridas para movilizar el tórax y desplazar volúmenes. Análisis y comprensión de la relación entre las fuerzas estudiadas y características del flujo de aire por las vías aéreas. Valoración de la función del sistema respiratorio en la práctica clínica: espirometría simple y de esfuerzo, test cardio-respiratorio de ejercicio.

UT6: Ventilación y perfusión pulmonar, intercambio respiratorio y transporte de gases.

Mecánica del alveolo (tensión superficial, ley de Laplace). Aspectos cuantitativos determinantes de la composición del gas alveolar y el intercambio alveolo sangre. Ventilación alveolar y relación con el consumo de O_2 y producción de CO_2. Elementos centrales que gobiernan la difusión de gases en el alveolo. Componentes tisulares de la barrera hemato-gaseosa y las diferenciaciones celulares que contribuyen a aumentar la eficiencia del intercambio. Factores que condicionan la eficacia del intercambio respiratorio. Ley de Fick y difusión de gases. Factores que afectan la difusión (gradientes, superficie, espesor, solubilidad). Características y distribución de la circulación pulmonar. Influencia de la gravedad y la hipoxia alveolar sobre la perfusión. Particularidades de la circulación pulmonar. Distribución del flujo sanguíneo (zonas de West). Regulación de la perfusión pulmonar. Vasoconstricción hipóxica y su

relevancia fisiológica y clínica. Acoplamiento entre ventilación y perfusión para un intercambio gaseoso eficaz. Concepto y determinantes de la relación V/Q. Consecuencias de las alteraciones: shunt y espacio muerto. Equilibrio alveolo-capilar de O_2 y CO_2. Mecanismos de transporte de oxígeno y dióxido de carbono. Curva de disociación de la hemoglobina: factores moduladores (efecto Bohr, temperatura, 2,3-DPG, efecto Haldane). Integración de los aspectos físicos de la circulación con aspectos bioquímicos del transporte de gases por la sangre. Valoración del aporte respiratorio al equilibrio ácido base.

UT7: Control del sistema respiratorio.

Control neural de la respiración: centros bulbares y pontinos. Generación del ritmo respiratorio. Control químico: quimiorreceptores centrales y periféricos. Respuestas respiratorias a la hipoxia, hipercapnia y acidosis.

UT8: Fisiología cardio-respiratoria en diferentes situaciones.

Integración de los conceptos acerca del funcionamiento y respuesta de los aparatos circulatorio y respiratorio en diferentes condiciones: ejercicio físico, ciclo sueño-vigilia, desplazamiento a la altura o a la profundidad del mar. Aspectos cardio-respiratorios del mantenimiento de la homeostasis corporal en diferentes situaciones fisiológicas.

2. Objetivos de aprendizaje por unidad temática (UT)

Basados en los objetivos planteados para la carrera de Doctor en Medicina de la Asociación Americana de Fisiología.

A. Sistema cardiovascular

UT1: Propiedades básicas del miocardio.

Características únicas del músculo cardíaco

Comparar la duración del potencial de acción y el período refractario en un músculo cardíaco, un músculo esquelético y un nervio.

Trazar la relación temporal entre un potencial de acción en una célula muscular cardíaca y la contracción resultante de dicha célula. Contrastar la duración del potencial de acción y el período refractario en el músculo cardíaco, en el músculo esquelético y en una neurona. Diagramar la relación temporal entre un potencial de acción de músculo cardíaco y la contracción resultante (twitch) en ese tipo celular. En base a dicho gráfico, explicar por qué el músculo cardíaco no puede mantenerse en un estado de contracción sostenida (tétanos).

Indicar los pasos del acoplamiento excitación-contracción en el músculo cardíaco. Describir la secuencia de eventos que ocurre entre el inicio de un potencial de acción en una célula muscular cardíaca y la contracción y posterior relajación resultantes de dicha célula. Proporcionar detalles específicos sobre la función especial del calcio en el control de la contracción y la relajación del músculo cardíaco.

Comparar el músculo cardíaco y esquelético en cuanto a: tamaño celular, conexiones eléctricas intercelulares y disposición de los miofilamentos. En base a la permeabilidad iónica y la resistencia eléctrica, describir la función de las uniones en hendidura en la creación de un sincitio funcional.

Identificar otras fuentes de calcio que median el acoplamiento excitación-contracción y describir cómo la concentración intracelular de calcio modula la fuerza de la contracción del músculo cardíaco.

Definir y describir el papel de la Ley de Starling del corazón para mantener el gasto cardíaco de los ventrículos izquierdo y derecho.

Describir la diferencia en la forma en que los cambios en la precarga y la contractilidad influyen en el desarrollo de la fuerza ventricular. Comparar las consecuencias energéticas de estos dos mecanismos separados de modulación de la fuerza.

Electrofisiología cardíaca

Trazar un potencial de acción típico en un músculo ventricular y una célula marcapasos, etiquetando con precisión los ejes de voltaje y tiempo. Describir cómo las corrientes iónicas contribuyen a las cuatro fases del potencial de acción cardíaco y utilizar esta información para explicar las diferencias en las formas de los potenciales de acción de las diferentes células cardíacas.

Describir los canales iónicos que contribuyen a cada fase del potencial de acción cardíaco. ¿Cómo influyen las diferencias en la población de canales en la forma del potencial de acción en las células cardíacas nodales, del músculo auricular, del músculo ventricular y de las fibras de Purkinje? Describir el papel del intercambiador sodio/calcio.

Explicar a qué se debe la larga duración del potencial de acción cardíaco y el período refractario resultante. ¿Cuál es la ventaja de la larga meseta del potencial de acción cardíaco y el largo período refractario?

Comenzando en el nódulo sinoauricular, diagramar la secuencia normal de activación cardíaca (despolarización) y el papel que desempeñan las células especializadas. Predecir la consecuencia de una falla en la conducción del impulso a través de cualquiera de estas áreas.
Explicar por qué el nódulo auriculoventricular (AV) es la única vía eléctrica normal entre las aurículas y los ventrículos, y explicar la importancia funcional de la conducción lenta a través del nódulo AV. Describir los factores que influyen en la velocidad de conducción a través del nódulo AV.
Explicar el mecanismo iónico del automatismo y ritmicidad del marcapasos, e identificar las células cardíacas que tienen potencial de marcapasos y su frecuencia espontánea. Identificar los factores neuronales y humorales que influyen en su frecuencia.
Analizar la importancia de la "supresión por sobreestimulación" y el "marcapasos ectópico", incluyendo las condiciones necesarias para que ocurra cada uno.
Comparar la influencia de los sistemas nerviosos simpático y parasimpático en la frecuencia cardíaca y la excitación cardíaca en general. Identificar qué rama del sistema nervioso autónomo es dominante en reposo y durante el ejercicio. Analizar los mecanismos iónicos de estos efectos tanto en el miocardio activo como en las células marcapasos.
Describir cómo la lesión celular, que resulta en un potencial de reposo menos negativo, altera los eventos iónicos en la despolarización y la repolarización.
Definir los siguientes términos: conducción decremental, reentrada y movimiento circular.

UT2: El corazón como órgano. Actividad eléctrica y función de bomba.

Función cardíaca

Describir la relación longitud-tensión en una sola célula cardíaca. Correlacionar las características celulares de longitud, tensión y velocidad de acortamiento con las características del ventrículo intacto: volumen telediastólico, presión y dP/dt.
Definir la precarga y explicar por qué la presión telediastólica ventricular, la presión auricular y la presión venosa proporcionan estimaciones de la precarga ventricular. Explicar por qué la presión telediastólica ventricular proporciona la estimación más fiable.
Definir la poscarga y explicar cómo la presión arterial influye en ella. Describir una condición en la que la presión arterial no proporciona una buena estimación de la poscarga.
Definir contractilidad y explicar por qué dP/dt es un índice útil de contractilidad. Explicar cómo difiere el transitorio de calcio entre el músculo cardíaco y esquelético y cómo esto influye en la contractilidad.
Definir la diferencia entre el rendimiento cardíaco y la contractilidad cardíaca. Describir el impacto de los cambios en la precarga, la poscarga y la contractilidad en la determinación del rendimiento cardíaco.
Explicar cómo los cambios en la actividad simpática alteran el trabajo ventricular, el metabolismo cardíaco, el consumo de oxígeno y el gasto cardíaco.
Escribir la formulación de la Ley de Laplace. Describir cómo se aplica a la función ventricular en el ventrículo normal y en el ventrículo con sobrecarga de volumen.
Trazar un bucle de presión-volumen ventricular y en él rotular las fases y eventos del ciclo cardíaco (electrocardiograma (ECG), movimiento valvular).
Diferenciar entre volumen sistólico y trabajo sistólico. Identificar el volumen sistólico y el trabajo sistólico a partir de un bucle de presión-volumen.

Definir la fracción de eyección y calcularla a partir del volumen telediastólico, el volumen telesistólico y/o el volumen sistólico. Predecir el cambio en la fracción de eyección que resultaría de un cambio en a) la precarga, b) la poscarga y c) la contractilidad.
Trazar el cambio en los bucles de presión-volumen que resultaría de cambios en a) la poscarga, b) la precarga o c) la contractilidad, para un ciclo y el nuevo estado estacionario que se alcanza después de 20 ciclos o más.

Ciclo cardíaco

Analizar y comprender la anatomía funcional básica de las válvulas auriculoventriculares y semilunar, y explicar su funcionamiento.
Trazar, en una relación temporal correcta, la presión, el volumen, el ruido cardíaco y los cambios en el ECG durante el ciclo cardíaco. Identificar los intervalos de contracción isovolumétrica, eyección rápida, eyección reducida, relajación isovolumétrica, llenado ventricular rápido, llenado ventricular reducido y contracción auricular.
Conocer las distintas fases de la sístole y la diástole ventricular. Comparar la relación entre la presión y el flujo que entra y sale de los ventrículos izquierdo y derecho durante cada fase del ciclo cardíaco.
Comprender cómo y por qué los eventos del lado izquierdo y del lado derecho difieren temporalmente.

Fisiología de los ruidos cardíacos

Conocer los factores que contribuyen a la formación de flujo turbulento.
Describir la sincronización y las causas de los cuatro ruidos cardíacos. Conocer los focos de auscultación sobre el tórax.

El electrocardiograma (ECG) normal, en arritmias y miopatías cardíacas

Definir el término dipolo. Describir las características que definen un vector. Describir cómo los dipolos generados por el corazón producen las formas de onda del ECG.
Describir las convenciones de electrodos utilizadas por los médicos para estandarizar las mediciones del ECG. Conocer las ubicaciones y polaridades de los electrodos para las 12 derivaciones de un electrocardiograma y los valores estándar para la calibración de la amplitud del trazado y la velocidad del papel.
Nombrar las partes de un trazado típico de ECG bipolar (derivación II) y explicar la relación entre cada una de las ondas, intervalos y segmentos en relación con el estado eléctrico del corazón.
Explicar por qué el trazado del ECG se ve diferente en cada una de las 12 derivaciones. Definir y explicar el concepto de eje eléctrico instantáneo y su relación con las ondas del ECG.
Definir el vector eléctrico medio (eje) del corazón y proporcionar el rango normal. Determinar el eje eléctrico medio a partir del conocimiento de la magnitud del complejo QRS en las derivaciones estándar de las extremidades.

Gasto cardíaco y retorno venoso

Comprender los principios subyacentes a las mediciones del gasto cardíaco utilizando el principio de Fick, la dilución de colorante y los métodos de termodilución.
Conocer cómo se generan las curvas de función cardíaca y cómo los factores que causan cambios en la contractilidad en el corazón pueden alterar la forma de las curvas de función cardíaca.
Comprender el concepto de "presión sistémica media", su valor normal y cómo varios factores pueden alterar su valor.

Definir el retorno venoso. Comprender el concepto de "resistencia al retorno venoso" y saber qué factores determinan su valor teóricamente, qué factores son los más importantes en la práctica y cómo varias intervenciones cambiarían la resistencia al retorno venoso.
Construir una curva de función vascular. Predecir cómo los cambios en la resistencia periférica total, el volumen sanguíneo y la distensibilidad venosa influyen en esta curva.
Explicar por qué el punto de intersección de las curvas de función cardíaca y función vascular representa el gasto cardíaco en estado estacionario y la presión venosa central en las condiciones representadas en el gráfico.
Utilizar el punto de intersección de las curvas de función cardíaca y vascular para predecir cómo intervenciones como hemorragia, insuficiencia cardíaca, estimulación autonómica y ejercicio afectarán el gasto cardíaco y la presión auricular derecha. Predecir cómo los cambios compensatorios fisiológicos alterarían los cambios agudos.

UT3: Hemodinamia.

Conocer los factores que determinan la energía total de la sangre que fluye y la relación entre estos factores. Describir el punto de referencia habitual para la presión fisiológica.
Diferenciar entre flujo y velocidad en términos de unidades y conceptos.
Comprender la relación entre presión, flujo y resistencia en la vasculatura y poder calcular para una variable si se conocen las otras dos. Aplicar esta relación a las arterias, arteriolas, capilares, vénulas y venas. Explicar cómo el flujo sanguíneo a cualquier órgano se altera por los cambios en la resistencia a ese órgano.
Explicar cómo la Ley de Poiseuille influye en la resistencia al flujo y usarla para calcular los cambios en la resistencia en un tubo rígido (vaso sanguíneo). Explicar las desviaciones de las predicciones de la ley de Poiseuille que ocurren en vasos sanguíneos distensibles.
Entender la relación entre flujo, velocidad y área de sección transversal y la influencia que tiene la *compliance* o complacencia vascular en estas variables. Explicar cómo la hemodinamia en los vasos sanguíneos, especialmente la microcirculación, se desvía de la teoría debido a la viscosidad anómala, la distensibilidad, el flujo axial y el comportamiento crítico de cierre y el glicocálix.
Definir resistencia y conductancia. Entender los efectos de agregar resistencia en serie vs. en paralelo en la resistencia total y el flujo. Aplicar esta información para resolver problemas caracterizados por: a) resistencias en serie y b) resistencias en paralelo. Aplicar este concepto a la redistribución del flujo desde la aorta a los tejidos durante el ejercicio.
Enumerar los factores que cambian el flujo laminar a flujo turbulento. Describir la relación entre velocidad, viscosidad y eventos audibles, como murmullos y soplos.
Comprender los principios del flujo a través de tubos colapsables, la resistencia (resistor) de Starling y qué gradiente de presión determina el flujo para diferentes valores relativos de presiones de entrada, circundantes y de salida.

UT4: Regulación y adaptación de la función cardiovascular

Presión arterial y circulación

Describir la organización del sistema circulatorio y explicar cómo las circulaciones sistémica y pulmonar están vinculadas física y fisiológicamente.
Describir la medición de la presión arterial con un catéter y un transductor y explicar los componentes de la forma de onda de la presión arterial. Compararlo con la

estimación indirecta de la presión arterial con un esfigmomanómetro. Explicar cómo cada enfoque proporciona estimaciones de las presiones sistólica y diastólica. Dadas las presiones arteriales sistólica y diastólica, calcule la presión del pulso y la presión arterial media.
Describir cómo la presión arterial sistólica, diastólica, media y del pulso se ven afectadas por los cambios en: a) el volumen sistólico, b) la frecuencia cardíaca, c) la compliance arterial y d) la resistencia periférica total.
Contrastar las presiones y las saturaciones de oxígeno en las arterias, arteriolas, capilares, vénulas y venas de las circulaciones sistémica y pulmonar. Repetir este proceso para la velocidad del flujo sanguíneo, el área de la sección transversal y el volumen.
Identificar los receptores de membrana celular y los sistemas de segundos mensajeros que median la contracción del músculo liso vascular por la noradrenalina, la angiotensina II y la vasopresina.
Identificar los receptores de membrana celular y los sistemas de segundos mensajeros que median la relajación del músculo liso vascular por el óxido nítrico, la bradicinina, las prostaglandinas y la histamina. Incluir la función de la célula endotelial.
Identificar los receptores de membrana celular y los sistemas de segundos mensajeros que median los cambios en el rendimiento cardíaco.

La microcirculación y los vasos linfáticos

Explicar cómo el agua y los solutos atraviesan la pared capilar. Use la ecuación de Fick para la difusión para identificar los factores que afectarán la entrega mediada por difusión de nutrientes desde los capilares a los tejidos. Definir y dar ejemplos de intercambio limitado por difusión y limitado por flujo.
Describir cómo los cambios en el área superficial capilar afectan la capacidad de intercambio de fluidos.
Definir la ecuación de Starling y analice cómo cada componente influye en el movimiento de fluidos a través de la pared capilar.
Describir la vía para la migración de leucocitos a través de la microcirculación, incluyendo la expresión leucocitaria de moléculas de adhesión celular y los sitios de reconocimiento en las células endoteliales vasculares.
Describir el proceso de angiogénesis comenzando en la vénula poscapilar e incluyendo el estímulo que inicia el crecimiento de nuevos vasos.
Describir el efecto Donnan y su importancia en la dinámica capilar.
Evaluar cómo la alteración de la presión o la resistencia en las regiones precapilar y poscapilar altera la presión capilar y la consecuencia de este cambio en el movimiento transmural del líquido.
Utilizando los componentes de la ecuación de Starling, explicar por qué el líquido no suele acumularse en el intersticio pulmonar.
Describir cómo la histamina altera la permeabilidad de las vénulas poscapilares y cómo la pérdida de albúmina hacia el espacio intersticial promueve el edema localizado.
Describir los vasos linfáticos y explicar cómo las características estructurales de los vasos linfáticos terminales permiten la reabsorción de compuestos grandes, como las proteínas.
Contrastar la estructura de los capilares linfáticos y los capilares sistémicos, incluyendo la importancia del músculo liso en las paredes de los vasos linfáticos.
Identificar las funciones críticas del sistema linfático en la absorción de grasas, la reabsorción del líquido intersticial y la limpieza de proteínas grandes de los espacios intersticiales.
Diagramar la relación entre la presión intersticial y el flujo linfático. Explicar por qué el edema no se desarrolla normalmente a medida que aumenta la presión intersticial.

Explicar cómo se desarrolla el edema en respuesta a: a) obstrucción venosa, b) obstrucción linfática, c) aumento de la permeabilidad capilar, d) insuficiencia cardíaca, e) lesión tisular o reacción alérgica, y f) desnutrición.

Regulación de la presión arterial

Enumerar los componentes anatómicos del reflejo barorreceptor.
Explicar la secuencia de eventos en el barorreflejo que ocurren después de un aumento o disminución agudos en la presión arterial. Incluya la respuesta del receptor, la actividad nerviosa aferente, la integración del SNC, la actividad nerviosa eferente al nódulo SA, los ventrículos, las arteriolas, las vénulas y el hipotálamo.
Explicar la secuencia de eventos mediados por los receptores cardiopulmonares (de volumen) que ocurren después de un aumento o disminución agudos en la presión arterial. Incluya la respuesta del receptor, la actividad nerviosa aferente, la integración del SNC, la actividad nerviosa eferente al corazón, el riñón, el hipotálamo y la vasculatura.
Explicar la secuencia de eventos mediados por los receptores cardiopulmonares (de volumen) que ocurren después de un aumento o disminución agudos en la presión venosa central. Incluya la respuesta del receptor, la actividad nerviosa aferente, la integración del SNC, la actividad nerviosa eferente al corazón, el riñón, el hipotálamo y la vasculatura.
Comparar el control del sistema nervioso simpático y parasimpático sobre la frecuencia cardíaca, la contractilidad, la resistencia periférica total y la capacitancia venosa. Prediga las consecuencias cardiovasculares de la alteración de la actividad simpática y parasimpática.
Comparar la contribución relativa de los mecanismos neurales y renales en la regulación de la presión arterial y el volumen sanguíneo.
Describir los reflejos cardiovasculares iniciados por la disminución del O_2 y el aumento del CO_2 en sangre.
Describir la liberación, los órganos diana cardiovasculares y los mecanismos de los efectos cardiovasculares de la angiotensina, el factor natriurético auricular, la bradicinina y el óxido nítrico.
Describir el reflejo de Cushing y la respuesta presora isquémica del sistema nervioso central (SNC).

Control local del flujo sanguíneo

Definir la autorregulación del flujo sanguíneo. Distinga entre las respuestas autorreguladoras a corto y largo plazo y los mecanismos responsables de cada una.
Describir cómo la teoría de la regulación metabólica del flujo sanguíneo explica la hiperemia activa y la hiperemia reactiva.
Describir la contribución del tono miogénico a la regulación del flujo sanguíneo.
Identificar el papel de la PO2, la PCO2, el pH, la adenosina y el K^+ en el control metabólico del flujo sanguíneo a tejidos específicos.
Explicar la vía sintética del óxido nítrico (EDRF, factor relajante derivado del endotelio), incluyendo el sustrato y la interacción entre el endotelio y el músculo liso vascular.
Analizar las circunstancias y los mecanismos por los cuales las sustancias humorales contribuyen a la regulación de la microcirculación.
Analizar la interacción de los mecanismos de control: a) intrínsecos (locales), b) neurales y c) humorales, y contraste su predominio relativo en los lechos vasculares del SNC, coronario, esplácnico, renal, cutáneo y del músculo esquelético.
Describir el papel de la angiogénesis en la provisión de una correspondencia a largo plazo entre el flujo sanguíneo tisular y las necesidades metabólicas.

Circulación coronaria

Describir el flujo fásico de sangre al miocardio ventricular a través de un ciclo cardíaco completo. Contraste esta variación cíclica en el flujo miocárdico: a) en las paredes de los ventrículos derecho e izquierdo y b) en el subendocardio y subepicardio del ventrículo izquierdo.

Explicar cómo la diferencia arteriovenosa de O_2 y la extracción de oxígeno en el corazón son únicas cuando se comparan con otros órganos del cuerpo.

Explicar el mecanismo por el cual el flujo sanguíneo coronario se acopla a la carga de trabajo miocárdico e identificar los estímulos que causan aumentos en el flujo sanguíneo coronario.

Explicar cómo la estimulación simpática altera la frecuencia cardíaca, la contractilidad y la resistencia vascular coronaria, directa e indirectamente, para cambiar el flujo sanguíneo coronario. Identifique la importancia relativa de los efectos directos e indirectos del sistema nervioso simpático en la determinación del flujo sanguíneo coronario durante el ejercicio.

Describir qué se entiende por reserva vascular coronaria y el papel de los vasos sanguíneos colaterales. Analizar los eventos fisiológicos y patológicos que disminuyen la reserva vascular coronaria.

Circulación cerebral, esplácnica y cutánea

Comparar el control local y neural del flujo sanguíneo cerebral. Analice la importancia relativa del O_2, el CO_2 y el pH en la regulación del flujo sanguíneo cerebral.

Describir los componentes estructurales de la barrera hematoencefálica y cómo esta barrera impide el movimiento de gases, proteínas y lípidos de la sangre a las neuronas. Identifique las diferencias entre el líquido cefalorraquídeo y el plasma en relación con la concentración de proteínas y describir la función del líquido cefalorraquídeo.

Comparar el control local y neural de la circulación esplácnica. Describir la función del sistema porta hepático y la arteria hepática para proporcionar flujo y oxígeno al hígado.

Describir la presión arterial en la vena porta hepática, los sinusoides hepáticos y la vena cava. Ante un aumento de la presión venosa central, prediga cómo se altera el intercambio de fluidos en la microcirculación hepática, incluyendo el desarrollo de ascitis.

Explicar la circulación enterohepática.

Comparar el control local y neural del flujo sanguíneo cutáneo.

Analizar las características únicas del flujo sanguíneo cutáneo que contribuyen a la regulación de la temperatura corporal.

Ejercicio

Describir las consecuencias cardiovasculares del ejercicio sobre la resistencia periférica, el gasto cardíaco, la diferencia de oxígeno arterio-venosa y la presión arterial.

Describir la redistribución del gasto cardíaco durante el ejercicio hacia los lechos vasculares del SNC, coronario, esplácnico, cutáneo y del músculo esquelético durante el ejercicio sostenido (carrera de fondo). Explicar la importancia relativa del control neural y local en cada lecho vascular.

Analizar cuatro adaptaciones al entrenamiento físico en el sistema cardiovascular. Explicar los mecanismos subyacentes a cada una.

Contrastar los efectos del ejercicio estático vs. dinámico sobre la presión arterial.

Contrastar el control neural y local del flujo sanguíneo del músculo esquelético en reposo y durante el ejercicio.

Contrastar el efecto de la contracción fásica y sostenida del músculo esquelético sobre la compresión extravascular de los vasos sanguíneos y sobre la presión venosa central.

B. Sistema respiratorio

UT5: Leyes de los gases. Relación estructura-función de pulmones y vías aéreas. Mecánica tóraco-pulmonar.

Mecánica Pulmonar en condiciones estáticas y dinámicas

Explicar cómo cambian la presión pleural, la presión alveolar, el flujo de aire y el volumen pulmonar durante un ciclo respiratorio normal en reposo. Identificar el inicio, el cese de la inspiración y el cese de la espiración. Describir cómo las diferencias de presión entre la atmósfera y los alvéolos hacen que el aire entre y salga de los pulmones.

Definir el concepto de *compliance*. Trazar una curva de presión-volumen pulmonar normal (*compliance*) (comenzando con el volumen residual, pasando por la capacidad pulmonar total y de vuelta al volumen residual), etiquetando las ramas de insuflación y desinflación. Explicar la causa y la importancia de la histéresis en las curvas.

Identifique dos condiciones clínicas comunes en las que la *compliance* pulmonar es mayor o menor de lo normal.

Trazar las curvas de presión-volumen (*compliance*) de los pulmones, la pared torácica y el sistema respiratorio en el mismo conjunto de ejes. Explicar la importancia de las posiciones de reposo para cada una de estas tres estructuras.

Identificar las fuerzas que generan la presión intrapleural negativa cuando el pulmón está en su capacidad residual funcional y predecir la dirección en que se moverán el pulmón y la pared torácica si se introduce aire en la cavidad pleural (neumotórax).

Trazar un espirograma normal, identificando los cuatro volúmenes pulmonares y las cuatro capacidades. Enumerar los volúmenes que componen cada una de las cuatro capacidades. Identificar qué volúmenes y capacidades no se pueden medir mediante espirometría.

Definir los factores que determinan la capacidad pulmonar total, la capacidad residual funcional y el volumen residual.

Definir la tensión superficial y describir su aplicación a la mecánica pulmonar, incluyendo los efectos del tamaño alveolar y la función del surfactante. Definir la atelectasia y la función de los surfactantes en su prevención.

Describir los componentes principales del surfactante pulmonar y explicar las funciones de cada uno.

Describir los efectos del diámetro de las vías respiratorias y del flujo turbulento sobre la resistencia de las vías respiratorias.

Describir cómo la resistencia de las vías respiratorias altera la *compliance* pulmonar dinámica.

Trazar un espirograma resultante de un esfuerzo espiratorio máximo. Identifique la capacidad vital forzada (CVF), los volúmenes espiratorios forzados cronometrados (VEF) y el flujo espiratorio máximo entre el 25 % y el 75 % de la CVF (FEF25-75 %).

Trazar una curva flujo-volumen de esfuerzo máximo normal, etiquetando las regiones dependientes e independientes del esfuerzo. Utilizar el concepto de compresión dinámica de las vías respiratorias, para explicar por qué cada punto en la región independiente del esfuerzo de la curva, representa un flujo máximo que depende

únicamente del volumen pulmonar. Describir cómo y por qué la forma de la curva flujo-volumen se desplaza en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

UT6: Ventilación y perfusión pulmonar, intercambio respiratorio y transporte de gases.

Ventilación pulmonar

Describir las diferencias regionales en la ventilación alveolar y explicar el fundamento de estas diferencias. Ventilación alveolar.

Definir la presión parcial y la concentración fraccional en relación con los gases en el aire. Enumerar las concentraciones fraccionales normales y las presiones parciales a nivel del mar para O_2, CO_2 y N_2.

Enumerar los valores normales de PO_2 y PCO_2 en las vías respiratorias, alveolares, arteriales y venosas mixtas. Enumerar los valores normales de saturación de O_2, [HCO^3] y pH arteriales y venosos mixtos.

Definir y contrastar los siguientes términos: espacio muerto anatómico, espacio muerto fisiológico, ventilación minuto total y ventilación minuto alveolar.

Describir el concepto mediante el cual se puede medir el espacio muerto fisiológico.

Definir y contrastar las relaciones entre la ventilación alveolar y la PCO_2 y PO_2 arterial.

Describir en términos cuantitativos el efecto de la ventilación sobre la PCO_2 según la ecuación de ventilación alveolar.

Ser capaz de estimar la presión parcial de oxígeno alveolar (PAO_2) mediante la forma simplificada de la ecuación del gas alveolar. Ser capaz de usar la ecuación para calcular la cantidad de O_2 suplementario necesaria para compensar una reducción de la PAO_2 causada por hipoventilación o altitud elevada.

Definir los siguientes términos: hipoventilación, hiperventilación, hipercapnea, eupnea, hipopnea e hiperpnea.

Circulación pulmonar

Comparar las circulaciones sistémica y pulmonar con respecto a las presiones, la resistencia al flujo sanguíneo y la respuesta a la hipoxia.

Describir las diferencias regionales en el flujo sanguíneo pulmonar en una persona en posición vertical. Definir las zonas I, II y III del pulmón en relación con la presión vascular pulmonar y la presión alveolar.

Describir cómo cambia la resistencia vascular pulmonar con las alteraciones del gasto cardíaco o la presión arterial pulmonar, explicarlo en términos de distensión y reclutamiento de vasos pulmonares. Identifique las zonas donde se aplican estos dos mecanismos.

Describir cómo cambia la resistencia vascular pulmonar con el volumen pulmonar. Explicar las alteraciones en los vasos sanguíneos alveolares y extraalveolares.

Describir la consecuencia de la vasoconstricción pulmonar hipóxica sobre la distribución del flujo sanguíneo pulmonar.

Describir los efectos del óxido nítrico inspirado sobre la resistencia vascular pulmonar y la vasoconstricción hipóxica.

Explicar el desarrollo del edema pulmonar por a) aumento de la presión hidrostática, b) aumento de la permeabilidad, c) deterioro del flujo linfático o aumento de la presión venosa central, y d) hemodilución (p. ej., con reanimación con volumen salino).

Describir las principales funciones de la circulación bronquial.

Intercambio de gases pulmonares

Nombrar los factores que afectan el transporte por difusión de un gas entre el gas alveolar y la sangre capilar pulmonar.

Describir la cinética de la transferencia de oxígeno desde el alvéolo al capilar y el concepto de tiempo de reserva capilar (es decir, la parte del tiempo de tránsito del eritrocito en la que no se produce más difusión de oxígeno).
Definir la capacidad de difusión de oxígeno y describir la justificación y la técnica para el uso del monóxido de carbono para determinar la capacidad de difusión.
Describir cómo la relación ventilación/perfusión (V/Q) de una unidad pulmonar alveolo-capilar determina la PO_2 y la PCO_2 de la sangre que emerge de esa unidad pulmonar.
Identificar la relación V/Q promedio en un pulmón normal. Explicar cómo la distribución vertical de la ventilación y la perfusión afecta la relación V/Q en el pulmón sano.
Describir las diferencias relativas normales desde el ápice hasta la base del pulmón en la PO_2 alveolar y arterial, la PCO_2, el pH y el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono.
Prediga cómo la presencia de relaciones V/Q anormalmente bajas y altas en los pulmones de una persona afectará la PO_2 y la PCO_2 arteriales.
Describir dos causas de distribución anormal de V/Q.
Definir los cortocircuitos (shunt) de derecha a izquierda, los cortocircuitos anatómicos y fisiológicos, y el espacio muerto fisiológico (ventilación desperdiciada). Describir las consecuencias de cada uno para el intercambio gaseoso pulmonar.
Describir los mecanismos de control vascular y de las vías respiratorias que ayudan a mantener una relación ventilación/perfusión normal. Nombrar reflejos compensatorios para la desigualdad V/Q.
Ser capaz de calcular la diferencia de PO_2 alveolar a arterial, (A-a)DO_2. Describir el valor normal de (A-a)DO_2 y la importancia de un valor elevado de (A-a)DO_2.

Transporte de oxígeno y dióxido de carbono

Definir la presión parcial de oxígeno (tensión), el contenido de oxígeno y el porcentaje de saturación de hemoglobina en relación con la sangre.
Realizar una curva de disociación de la oxihemoglobina (curva de equilibrio de oxígeno en la hemoglobina) que muestre la relación entre la presión parcial de oxígeno, la saturación de la hemoglobina y el contenido de oxígeno en sangre. En los mismos ejes, trazar la relación entre la PO_2 y el contenido de O_2 plasmático disuelto (Ley de Henry). Compare las cantidades relativas de O_2 transportadas unidas a la hemoglobina con las transportadas en forma disuelta.
Describir cómo la forma de la curva de disociación de la oxihemoglobina influye en la captación y el suministro de oxígeno.
Definir P50.
Mostrar cómo la curva de disociación de la oxihemoglobina se ve afectada por los cambios en la temperatura sanguínea, el pH, la PCO_2 y el 2,3-DPG, y describir una situación en la que dichos cambios tienen consecuencias fisiológicas importantes. Describir el efecto Bohr.
Describir cómo la anemia y la intoxicación por monóxido de carbono afectan la forma de la curva de disociación de la oxihemoglobina, PaO_2 y SaO_2.
Enumerar las formas en que el dióxido de carbono se transporta en la sangre. Identifique el porcentaje del CO_2 total transportado en cada forma.
Describir la importancia del desplazamiento del cloruro en el transporte de CO_2 por la sangre.
Identificar la enzima que es esencial para el transporte normal de dióxido de carbono por la sangre y su ubicación.
Graficar las curvas de disociación del dióxido de carbono para la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina. Describir la interacción entre la unión del CO_2 y el O_2 a la hemoglobina, que causa el efecto Haldane.

Explicar por qué la presión total de gas en la sangre venosa es subatmosférica y por qué esta situación se acentúa al respirar 100 % de O_2.
Definir la acidosis y la alcalosis respiratoria y dé ejemplos clínicos de cada una.
Describir el mecanismo y función de las compensaciones ácido-base respiratorias.

UT7: Control del sistema respiratorio.

Control respiratorio

Identificar las regiones del sistema nervioso central que juegan papeles importantes en la generación y control de la respiración cíclica.
Dar ejemplos de reflejos que involucran receptores pulmonares que influyen en la frecuencia respiratoria y el volumen corriente. Describir los receptores y las vías nerviosas implicadas.
Enumerar las ubicaciones anatómicas de los quimiorreceptores sensibles a los cambios en la PO_2, la PCO_2 y el pH arterial que participan en el control de la ventilación. Identificar la importancia relativa de cada uno en la detección de alteraciones en los gases sanguíneos.
Describir cómo los cambios en la PO_2 y la PCO_2 arterial alteran la ventilación alveolar, incluidos los efectos sinérgicos cuando tanto la PO_2 como la PCO_2 cambian.
Describir los mecanismos para el cambio en la ventilación alveolar que ocurre inmediatamente después del ascenso a gran altitud, después de permanecer en la altitud durante dos semanas e inmediatamente después del regreso al nivel del mar.
Describir la importancia del control de “feedforward” de la ventilación (comando central) durante el ejercicio y los efectos del ejercicio sobre la PCO_2, la PO_2 y el pH arterial y venoso mixto.

UT8: Fisiología cardio-respiratoria en diferentes situaciones

Modificaciones a lo largo de la vida

Analizar los mecanismos de regulación y las adaptaciones cardiovasculares y respiratorias que ocurren durante el crecimiento y el envejecimiento.
Analizar la maduración cardiovascular y respiratoria a lo largo de la vida.
Describir los cambios cardiovasculares asociados al envejecimiento (rigidez arterial, alteración de la regulación autonómica) y sus consecuencias hemodinámicas.
Explicar las modificaciones respiratorias en la vejez (disminución de elasticidad pulmonar, capacidad vital y eficiencia en el intercambio gaseoso).

Ejercicio

Describir los cambios en frecuencia cardíaca, volumen sistólico y gasto cardíaco durante el ejercicio agudo.
Explicar los mecanismos de redistribución del flujo sanguíneo hacia los músculos activos.
Analizar las modificaciones en la presión arterial sistólica y diastólica en distintos tipos de ejercicio (aeróbico y anaeróbico).
Evaluar las respuestas cardiovasculares crónicas inducidas por el entrenamiento (hipertrofia cardíaca fisiológica, aumento de la eficiencia cardíaca).
Identificar los cambios en ventilación minuto, volumen corriente y frecuencia respiratoria durante el ejercicio agudo.
Explicar el ajuste de los gases arteriales (PaO_2, $PaCO_2$ y pH) y la respuesta de los quimiorreceptores.
Analizar las adaptaciones respiratorias crónicas al entrenamiento (mejora de la capacidad vital, eficiencia ventilatoria y difusión alveolocapilar).

Relacionar los cambios cardiovasculares y respiratorios con el metabolismo energético muscular durante el ejercicio.
Comparar las respuestas cardiorrespiratorias en ejercicio aeróbico y anaeróbico.
Reconocer las diferencias en las adaptaciones según la edad, el sexo, el nivel de entrenamiento y la presencia de enfermedad.

Sueño

Analizar las modificaciones hemodinámicas en cada fase del sueño.
Comparar la influencia del sistema nervioso autónomo sobre el sistema cardiovascular en el sueño NREM y REM.
Analizar y comprender los cambios cardiovasculares (frecuencia cardíaca, gasto cardíaco y presión arterial) que ocurren en sueño NREM y REM.
Describir los cambios ventilatorios que ocurren durante sueño NREM y sueño REM.
Analizar las modificaciones que ocurren en el control respiratorio en ambas etapas de sueño y del tono muscular de la vía aérea superior, especialmente en sueño REM.
Integrar los cambios cardiovasculares y respiratorios en el contexto del ciclo sueño-vigilia.

Altura

Describir las respuestas inmediatas del sistema cardiovascular frente a la hipoxia hipobárica.
Explicar los cambios en la presión arterial y la resistencia vascular pulmonar en la altura.
Analizar el desarrollo de hipertensión pulmonar y su relación con el mal de montaña crónico.
Evaluar las adaptaciones cardiovasculares al aclimatamiento prolongado (normalización del gasto cardíaco, remodelación cardíaca).
Identificar los cambios en la ventilación minuto como respuesta inicial a la hipoxia.
Explicar la cascada del oxígeno y sus cambios en relación con la altura.
Explicar los ajustes en los gases arteriales (hipoxemia, hipocapnia y alcalosis respiratoria).
Analizar la aclimatación respiratoria progresiva (ajuste renal del pH, incremento sostenido de la ventilación).
Evaluar los límites de la ventilación y el intercambio gaseoso en alturas extremas.
Relacionar las adaptaciones cardiorrespiratorias con la producción aumentada de eritropoyetina y los cambios hematológicos.
Comparar las respuestas fisiológicas en exposición aguda, crónica y en nativos de altura.
Reconocer las principales patologías asociadas a la altura (mal agudo de montaña, edema cerebral y edema pulmonar de altura).

Buceo

Identificar y describir las adaptaciones al buceo en apnea.
Explicar el reflejo de inmersión y su relación con la bradicardia refleja y la vasoconstricción periférica.
Identificar los mecanismos de redistribución del flujo sanguíneo y el fenómeno de blood shift.
Analizar las modificaciones en los niveles de oxígeno y dióxido de carbono durante la apnea.
Evaluar los riesgos cardio-respiratorios asociados al buceo en apnea, como hipoxia, síncope hipóxico y barotrauma.
Describir la base fisiológica del desmayo en aguas poco profundas durante una inmersión en apnea.
Identificar y describir las adaptaciones al buceo con equipo (scuba diving)
Describir los efectos de la respiración de aire comprimido bajo presión en la ventilación y el intercambio gaseoso.
Explicar los procesos de absorción y eliminación de nitrógeno, así como sus consecuencias fisiopatológicas (narcosis por nitrógeno y enfermedad descompresiva).
Analizar los efectos de la toxicidad por oxígeno en condiciones de buceo profundo.
Evaluar las implicancias del aumento del trabajo respiratorio en ambientes hiperbáricos.
Comparar las adaptaciones cardio-respiratorias en el buceo en apnea y con equipo, destacando similitudes y diferencias.
Relacionar las leyes físicas de los gases (Boyle, Henry y Dalton) con las respuestas cardiorrespiratorias en el buceo.

3. Bibliografía

Básica:

Fisiología Médica. Walter F. Boron y Emile L. Boulpaep. (Tercera edición).

Fisiología Respiratoria. John B. West (Décima edición).

Best y Taylor. Bases fisiológicas de la práctica médica. (Décima segunda edición).

Complementaria

Tratado de Fisiología Médica. Guyon y Hall. (Decimocuarta edición).

Fisiología. Berne y Levy. (Sexta edición).

Material adicional elaborado por docentes de las Unidades Académicas u otros autores será recomendado a través del EVA.

ANEXO 2: Documento de información para el estudiante.

Año 2026

1. Identificación de la Unidad Curricular (UC):

UC 11.

Curso: Cardiovascular y Respiratorio

2. Coordinadoras del curso:

-Dra. Alicia Costa, Profesora Adjunta de la Unidad Académica de Fisiología

-Dra Virginia Comas, Profesora Adjunta de la Unidad Académica de Fisiología

Responsables por Biofísica:

- Dr. Fernando Olivera, Profesor Adjunto de la Unidad Académica de Biofísica.

- Dra. Fabiana Blanco, Profesora Adjunta de la Unidad Académica de Biofísica.

Responsable por CENUR Litoral Norte:

- Mag. Ana G. Sánchez, Profesora Adjunta del Departamento de Ciencias Biológicas, Grupo de Biofisicoquímica.

3. Secretaría

Secretaría de Apoyo a la Enseñanza (SAE): sae2@fmed.edu.uy

Encargada: Victoria Arias y Florencia Delgado

Contacto: sae2@fmed.edu.uy

Horarios de atención al público: 11 a 13hs, 14 a 16hs.

Teléfono: 29243414, interno 3721

4. Organización del curso

4.1 Calendario

-Fecha de inicio: 28 de setiembre de 2026

-Fechas de parciales:

- Primer parcial: 26 de octubre de 2026
- Segundo Parcial: 30 de noviembre de 2026

-Fecha de finalización: 30 de noviembre de 2026

-Fechas de examen:

- 14 de diciembre 2026
- 24 de febrero 2027

4.2 Organización general

Grupos: Hay 2 grupos (A y B) por Montevideo más un grupo correspondiente al CENUR-LN (C).

Cada grupo se divide en 3 subgrupos numerados del 1 al 3 (A1 a A3, B1 a B3, C1 a C3)

Días y horarios: las actividades son de lunes a viernes en días y horarios que dependen del grupo y subgrupo asignados.

La información detallada día a día estará disponible en el calendario que se publicará en EVA.

Información necesaria para acceder al EVA (http://eva.fmed.edu.uy/):

Es obligatorio matricularse en el curso en el EVA. Las listas serán publicadas en la portada en la semana previa al inicio del curso.

La contraseña de acceso se publicará en la portada del curso en EVA.

Recursos disponibles en la plataforma del EVA:

En la plataforma virtual se encuentran los videos de los contenidos teóricos y demostraciones prácticas, las discusiones grupales, bibliografía de cabecera y complementaria, así como material informativo suplementario (videos, bibliografía) y foros de consultas.

5. Docentes participantes

Docentes de las Unidades Académicas de Fisiología, Biofísica y CENUR-LN.

6. Intercambio con los Estudiantes

Durante el curso se generarán instancias de intercambio entre la coordinación del curso y delegados estudiantiles, para intercambiar sugerencias y mejoras en el desarrollo del curso.

Luego de publicados los resultados de las pruebas parciales y exámenes, si existieran dudas sobre la evaluación, los estudiantes dispondrán de un máximo de 2 días consecutivos para enviar por escrito sus dudas a través de los delegados estudiantiles. Los docentes les harán llegar a los delegados las respuestas que a su vez serán publicadas en el EVA del curso.