

**DISEÑO DE PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD
AERÓBICA EN PACIENTE ADULTO CON VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA**



INVESTIGADORES

BOHÓRQUEZ MARTÍNEZ NOHORA DULFAY
TOCASUCHE HERNÁNDEZ DIANA PAOLA

COINVESTIGADORES

AMARILLO DIEGO
CARRILLO JUAN CARLOS
CARVAJAL WILLIAM
CORREA ELIANA
CUBILLOS YEIMY
ORTEGA SIRLEY
RONCANCIO LEIDY
RUÍZ MÓNICA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESPECIALIZACIÓN DE FISIOTERAPIA EN CUIDADO CRÍTICO – COHORTE 30
BOGOTÁ D.C
JULIO 19 DE 2017

**DISEÑO DE PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD
AERÓBICA EN PACIENTE ADULTO CON VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA**



INVESTIGADORES

Bohórquez Martínez Nohora Dulfay

Tocasuche Hernández diana Paola

COINVESTIGADORES

Amarillo Diego

Carrillo Juan Carlos

Carvajal William

Correa Eliana

Cubillos Yeimy

Ortega Sirley

Roncancio Leidy

Ruíz Mónica

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESPECIALIZACIÓN DE FISIOTERAPIA EN CUIDADO CRÍTICO – COHORTE 30
BOGOTÁ D.C
JULIO 19 DE 2017

Tabla de Contenido	Pág.
Introducción	6
Capítulo 1: Descripción general del proyecto	7
1.1 Antecedentes del problema de investigación	8
1.1.1 Planteamiento del problema	8
1.1.2 Pregunta de investigación	8
1.2. Objetivos de la investigación	9
1.2.1 Objetivo general	9
1.2.1.1 Objetivos específicos	9
1.3 Justificación	9
 Capítulo 2: Marco de referencia	 11
2.1 Conceptualización de la capacidad aeróbica	11
2.2 Componentes o factores determinantes de la capacidad aeróbica	12
2.2.1 Signos vitales	12
2.2.2 Gasto cardiaco	14
2.2.3 Farmacología cardiovascular frecuentemente utilizada en pacientes en estado crítico	15
2.2.4 Gases arteriales y/o venosos	17
2.2.5 Electrolitos	22
2.2.6 Osmolaridad	23

2.2.6.1 Valoración de los trastornos del agua y el sodio	24
2.2.7 Lactato	25
2.3 Efectos fisiológicos de la ventilación mecánica invasiva	28
2.4 Respuesta metabólica al trauma	31
2.4.1 Fase EBB o hipodinámica	32
2.4.2 Fase Flow o hiperdinámica	32
2.5 Estado nutricional	33
2.6 Evaluación de la capacidad aeróbica en el contexto hospitalario	34
2.6.1.1 Calorimetría indirecta	38
2.6.1.2 Estimación indirecta de la frecuencia cardiaca a través de la fórmula	40
2.6.1.3 Escala de Borg o percepción subjetiva del esfuerzo	41
Capítulo 3: Marco Metodológico	43
3.1 Tipo de estudio	43
3.2 Población y muestra	44
3.3 Procedimiento	44
3.4 Técnicas para la recolección de la información	45
3.5 Desarrollo del proyecto	46
Capítulo 4: Análisis de Resultados	47
4.1 Resultados, impacto y productos esperados	47
4.2 Presentación de los resultados	48
4.2.1 Interpretación de resultados	50

4.3 Operacionalización de variables	53
4.4 Propuesta de protocolo de evaluación de la capacidad aeróbica	54
Discusión	56
Conclusiones	57
Referencias	58

Introducción

La capacidad aeróbica según la American Physical Therapy Association APTA (2014): “Es la capacidad de realizar un trabajo en un tiempo sin llegar a la fatiga”; es especialmente importante ya que tiene en cuenta la respuesta que experimenta cada persona, al procesar intracelularmente el oxígeno y aumentar de la misma manera la producción de energía durante actividades físicas. A este aprovechamiento metabólico del oxígeno es lo que se considera Capacidad Aeróbica.

A pesar de su complejidad, esta categoría del movimiento humano en la actualidad, posee restricciones para ser medida en el ámbito del cuidado crítico; específicamente en pacientes con ventilación mecánica invasiva, ya que existen muchos factores y variables que no lo facilitan. De esta premisa nace el interés por establecer parámetros de evaluación y validar una herramienta específica para la capacidad aeróbica.

En ese sentido, el presente trabajo lo que busca es diseñar una herramienta útil para la evaluación de la capacidad aeróbica en pacientes adultos en la unidad de cuidado crítico que están sometidos a ventilación mecánica invasiva; ya que por diferentes alteraciones tanto hemodinámicas como sistémicas se genera un alto impacto en la condición fisiocinética y calidad de vida, justificando la necesidad de una evaluación óptima y adecuado abordaje fisioterapéutico.

Para el desarrollo de la investigación, se llevará a cabo una búsqueda de información basada en evidencia, que permita analizar las respuestas del paciente crítico en relación a la demanda de oxígeno, y a su vez, brinde herramientas para crear un protocolo que incluya aspectos directos e indirectos para la evaluación de la capacidad aeróbica en pacientes adultos expuestos a la ventilación mecánica invasiva.

También, deben considerarse factores que potencian el deterioro de la condición de salud, alteraciones en estructuras o funciones fisiológicas, limitaciones funcionales que restringen la participación de la persona en todas sus dimensiones como ser humano (Virginia, 2013).

Por otra parte, el fisioterapeuta en Colombia, no cuenta con herramientas validadas para las características de su población; así como, no se evidencia en las diferentes fuentes bibliográficas mundiales un protocolo específico que evalúe la capacidad aeróbica en pacientes adultos sometidos a ventilación mecánica invasiva, dando relevancia al objetivo de este estudio.

Capítulo 1: Descripción General del Proyecto

1.1 Antecedentes del problema de investigación:

En el ámbito de la medicina es muy recurrente el empleo del concepto estado crítico para referirse a algún tipo de situación clínica que atraviesa un paciente. Normalmente, los médicos a la hora de comunicarles a sus colegas, los familiares del paciente, o bien a los medios de comunicación interesados por el estado del mismo, suelen utilizar este concepto, cuando quieren indicar que los signos vitales de este no son estables y por caso, la muerte es un desenlace probable e inminente (Morales y Munevar, 2009).

Así mismo, el paciente en condición crítica, se encontrará tratado en el área de terapia intensiva o de cuidados intensivos, a fin de recibir soportes vitales acordes a sus necesidades, y apoyo de dispositivos especializados, que permiten monitorear el estado de salud constantemente, entre ellos: monitores, catéteres, sondas, vías intravenosas, entre otros. Los profesionales que se desempeñan en esta área se encuentran especialmente entrenados. (Morales y Munevar, 2009).

En ese contexto, la mayoría de pacientes requieren de soporte artificial para suplir las demandas respiratorias, metabólicas y/o cardiovasculares, mediante la ventilación mecánica invasiva o no invasiva. Considerándose ésta, una herramienta terapéutica de soporte vital, que facilita el intercambio gaseoso y disminuye el trabajo respiratorio y miocárdico optimizando la función ventilatoria (Gutiérrez, 2011).

La ventilación mecánica es un tratamiento de soporte vital, en el que utilizando una máquina que suministra un soporte ventilatorio y oxigenatorio, facilitamos el intercambio gaseoso y el trabajo respiratorio de los pacientes con insuficiencia respiratoria. El ventilador mecánico, mediante la generación de una gradiente de presión entre dos puntos (boca / vía aérea – alvéolo) produce un flujo por un determinado tiempo, lo que genera una presión (Gutiérrez, 2011).

A su vez la literatura, reporta indicaciones clínicas de la ventilación mecánica, las cuales se describen a continuación

Tabla 1

Indicaciones de la ventilación mecánica

Mecánica respiratoria:	Indicaciones clínicas:
• Frecuencia respiratoria > 35 por minuto • Fuerza inspiratoria negativa < -25 cm H₂O • Capacidad vital < 10 ml/Kg. • Ventilación minuto < 3 lpm o > 20 lpm.	• Falla de la ventilación alveolar o IRA tipo II, • Hipertensión endocraneana, • Hipoxemia severa o IRA tipo I • Profilaxis frente a inestabilidad hemodinámica • Aumento del trabajo respiratorio • Tórax inestable • Permitir sedación y/o relajación muscular • FR > 30 a 35/minuto
Intercambio gaseoso: • PaO₂ < 60 mm Hg con FiO₂ > 50%, • PaCO₂ > 50 mm Hg (agudo) y pH < 7,25	

Fuente: (Gutiérrez, 2011)

1.1.1. Planteamiento del problema:

Se puede afirmar que un individuo en estado crítico presenta una disfunción cinética producto de una deficiencia en la capacidad aeróbica asociada a su insuficiente condición cardíaca y/o pulmonar, por lo tanto se hace necesario establecer el estado fisiocinético de forma previo a la intervención; sin embargo, lograr esta medida se ha convertido un problema debido a la ausencia de una prueba validada para individuos adultos que se encuentran en ventilación mecánica invasiva, por las limitaciones funcionales que ésta condición genera.

Con la anterior premisa, es evidente el rol que juega el fisioterapeuta frente a la toma de decisiones complejas y riesgosas es importante. De esta manera, se genera la necesidad de crear herramientas que faciliten la medición de la capacidad aeróbica en pacientes en estado crítico, y que puedan ser incluidas dentro de los procesos de intervención en esta área, generando unificación conceptual y condiciones de atención segura.

1.1.2. Pregunta de investigación:

¿Cuáles son los items o aspectos recomendados según la evidencia para la elaboración de un protocolo que evalúe la capacidad aeróbica en pacientes adultos con ventilación mecánica invasiva?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general:

Diseñar un protocolo con herramientas de acuerdo a los lineamientos recomendados en la evidencia, que permita la evaluación de la capacidad aeróbica en pacientes adultos específicamente con ventilación mecánica invasiva.

1.2.1.1 Objetivos específicos:

- Establecer las variables o criterios para la evaluación de la capacidad aeróbica en pacientes adultos sometidos a ventilación mecánica invasiva.
- Identificar recomendaciones científicas para la elaboración de herramientas, escalas o instrumentos de evaluación sobre cualidades físicas básicas (específicamente capacidad aeróbica).
- Identificar la importancia y necesidad que genera una herramienta de evaluación fisioterapéutica objetiva del paciente en el área crítica.

1.3. Justificación:

Las enfermedades cardiovasculares y accidentes cerebrovasculares en América Latina y en la actualidad son las principales causas más frecuentes de morbilidad y posterior ingreso a la unidad de cuidado intensivo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), mueren 17 millones de personas por año en el mundo por esta causa (Gagliardi, 2012).

En la unidad de cuidado intensivo los tratamientos y la intensidad de las intervenciones vienen determinadas por la situación clínica del paciente y el daño multiorgánico que pueda tener. Puede abarcar desde la intubación, monitorización hemodinámica, del soporte de oxígeno, ventilación mecánica, administración de medicamentos, catéteres centrales, sondas para control de gasto urinario y manejo de rehabilitación integral desde las áreas de psicología, nutrición, fisioterapia, fonoaudiología y terapia ocupacional.

Diferentes investigaciones se han preocupado día a día por buscar métodos y test de evaluación que permitan evaluar de forma directa o indirecta el atributo de la capacidad aeróbica en sujetos sanos, deportistas o con diferentes patologías para mejorar sus condiciones físicas,

pero a nivel clínico existen muy pocos estudios que profundicen el análisis de la capacidad aeróbica en sujetos que están en una unidad de cuidado crítico.

Por tal razón mediante este trabajo se busca en primera fases lograr el diseño del protocolo y en una segunda fase de la investigación, la validación del mismo, que permita evaluar la capacidad aeróbica de los pacientes adultos en ventilación mecánica invasiva y de éste modo determinar su estado funcional y necesidades primarias para un óptimo proceso de intervención.

Existen diferentes estudios sobre capacidad aeróbica que abarcan poblaciones de origen estadounidense y europeo, pero no se encuentra mayor registro de poblaciones latinoamericanas ni colombianas específicamente en pacientes con ventilación mecánica invasiva. Razón por la cual, se hace necesario elaborar un protocolo que permita unificar criterios de evaluación fisioterapéutica en pacientes adultos con ventilación mecánica que puedan tener compromiso de la capacidad aeróbica. Además de generar un aporte y actualización a los avances de la profesión en el ámbito asistencial.

Poder determinar la capacidad aeróbica en pacientes que se encuentren en la unidad de cuidado intensivo con ventilación mecánica invasiva, podrá delimitar de manera más objetiva la capacidad de trabajo, programación de carga de entrenamiento y adicionalmente pronosticar las situaciones de salud del paciente en relación al consumo de oxígeno máximo ($\text{VO}_2 \text{ máx}$), el cual determina la capacidad máxima de trabajo del paciente.

Para la comunidad científica este estudio permite ampliar los conocimientos acerca de la evaluación de la capacidad aeróbica, su importancia en el manejo integral del paciente adulto en estado crítico con ventilación mecánica invasiva, y en general al grupo multidisciplinario que a diario interviene en la unidad de cuidado intensivo, Además de fortalecer las habilidades investigativas, académicas y asistenciales de los profesionales encargados de su desarrollo.

Capítulo 2: Marco de Referencia

En diferentes estudios ha sido resaltado el contexto del paciente crítico, y la importancia de la capacidad aeróbica como indicador de la progresión funcional, tal es el ejemplo de la investigación realizada por Mondragón (2013), en donde el enfoque principal es la mejora de la capacidad funcional por medio de ejercicio terapéutico, para el cual tiene presente la medición de la percepción del esfuerzo.

A continuación se describirá esta categoría del movimiento corporal humano, desde la argumentación científica.

2.1. Conceptualización de la capacidad aeróbica:

La capacidad aeróbica ha sido considerada como la medida fisiológica más importante en el ser humano para pronosticar su rendimiento físico en actividades de larga duración y en cierta forma para conocer la funcionalidad de los distintos sistemas orgánicos involucrados en el transporte de oxígeno. En este sentido, el procesamiento metabólico de los nutrientes que el organismo ingiere, con la insustituible presencia del oxígeno, permiten generar la energía que el cuerpo necesita para atender a las distintas actividades vitales, al tiempo que se producen otras dos sustancias de fácil eliminación: el gas carbónico y el agua (Martínez, 2010).

Cuando se menciona capacidad cardiorrespiratoria hace referencia a la capacidad de resistencia a la fatiga durante actividades en la que la síntesis de ATP se produce fundamentalmente por medio del metabolismo aeróbico (Wilmore y Costill, 2004).

Según, Martínez (2002), la capacidad aeróbica es la facultad del corazón y del sistema vascular para transportar cantidades de oxígeno a los músculos que trabajan, permitiendo las actividades que implican a grandes grupos musculares durante períodos prolongados de tiempo. Dicha capacidad está directamente relacionada con el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) entendido como la medida, traducida en capacidad, de aportar, transportar e intercambiar oxígeno, a través del sistema cardiocirculatorio, durante un período de máximo esfuerzo. También se puede definir como la mayor cantidad de oxígeno que un individuo puede utilizar durante un trabajo físico respirando aire atmosférico.

A continuaciòn se describen los factores determinantes de capacidad aeróbica.

2.2 Componentes o factores determinantes de la capacidad aeróbica

Entendiendo que la capacidad aeróbica, se resume en el adecuado consumo de oxígeno por los tejidos, debe ser claro que para ello existen diferentes sistemas, células y reacciones involucradas, las cuales se describen en los siguientes puntos.

2.2.1 Signos vitales

En este sentido, el adecuado funcionamiento de los sistemas cardiovascular y pulmonar son el primer determinante de la capacidad aeróbica. Así, para Villegas et al. (2012), los signos vitales ayudan a determinar las condiciones hemodinámicas de los pacientes, y los define de la siguiente manera:

Frecuencia respiratoria: es el proceso que implica la toma oxígeno del aire ambiente y su expulsión del organismo. El ciclo respiratorio comprende una fase de inspiración y otra de espiración. La inspiración es la fase activa, se inicia con la contracción del diafragma y los músculos intercostales, y la segunda es la fase pasiva que depende de las diferentes propiedades físicas y de la elasticidad pulmonar. Se evalúa tomando el número de veces que la persona respira en un minuto.

Frecuencia cardiaca: Es el número de veces en que se contrae el corazón, en un minuto. Tiene relación directa con el pulso arterial periférico, y puede percibirse como una onda pulsátil de la sangre, que refleja la contracción del ventrículo izquierdo. La onda pulsátil representa el rendimiento del latido cardíaco, que es la cantidad de sangre que entra en las arterias con cada contracción ventricular.

Saturación de Oxígeno (Sato2): La oximetría de pulso o pulsioximetría es la medición, no invasiva, del porcentaje de oxígeno transportado por la hemoglobina en el interior de los vasos sanguíneos y brinda información indirecta del estado de oxigenación.

Tensión arterial: Es una medida de la presión, que refleja la fuerza que ejerce la sangre sobre las paredes arteriales en su impulso a través de ellas. Debido a que la sangre se mueve en forma de ondas, existen dos tipos de medidas de presión: la presión sistólica, debida a la contracción de los ventrículos, es decir, la presión máxima; y la presión diastólica, que es la presión que queda cuando los ventrículos se relajan; ésta es la presión mínima.

Por otra parte, la calidad de los glóbulos rojos y la hemoglobina son indispensables para el adecuado transporte de oxígeno (Dean, 2012). Dentro de lo que cabe mencionar a partir de la siguiente figura los eslabones que conforman el proceso del transporte de oxígeno:



Figura 1: Modelo del transporte de oxígeno (tomado de Frownfelter & Dean, 2012)

El volumen de sangre está contenido dentro de los compartimientos intravasculares de manera que el 70% corresponde al compartimiento venoso, 10% en las arterias sistémicas, 15% en la circulación pulmonar, y 5% en los capilares. El mayor volumen de sangre contenido dentro de la circulación venosa permite hacer ajustes según los cambios en la demanda del gasto cardíaco. Cuando el volumen de sangre es normal y los fluidos corporales son distribuidos apropiadamente entre los compartimientos intravasculares y extravasculares, el balance de fluido se considera normal (Dean, 2012).

Cuando ocurre un problema de balance de fluido, afecta la concentración de electrolitos, particularmente el sodio, el cual está en la más alta concentración en el fluido extracelular. En consecuencia, se derivan cuatro problemas primarios, que tienen implicación en el transporte del oxígeno, los cuales son el déficit de agua, exceso de agua, déficit de sodio y exceso de sodio. Otros Iones que a menudo son afectados en el fluido por el desbalance electrolítico incluyen el déficit de potasio, cloro, calcio y magnesio (Dean, 2012).

En relación a lo expuesto hasta aquí, cabe resaltar la importancia de la estabilidad hemodinámica y la gasimetría arteriovenosa como factores determinantes del aporte y consumo de oxígeno por el organismo, y en últimas de la capacidad aeróbica de cada persona.

Por otra parte, los signos vitales estables dan cuenta de un gasto cardíaco acorde a las necesidades del organismo, sin alterar el metabolismo ni repercutir en otros sistemas.

2.2.2 Gasto cardíaco. Se hace referencia al flujo o volumen de sangre bombeada por cada ventrículo en un minuto. Es considerado como la cantidad de sangre que bombea el corazón hacia la aorta en cada minuto (Guyton, 2006).

El gasto cardíaco (GC) se puede expresar como: $GC = \text{volumen sistólico}(VS) \times \text{frecuencia cardíaca}(FC)$.

Académicamente hablando, se pueden situar los valores de normalidad del gasto cardíaco en el adulto sano en torno a 4-6,5 l/min (2,5 l/min por m² de superficie corporal sería el índice cardíaco), en reposo. Sin embargo, el gasto cardíaco, como principal determinante del transporte de oxígeno al organismo, ha de adaptarse, en cada momento, a las necesidades del organismo, por lo que un valor dentro del intervalo de la «normalidad» no sirve, como único dato, para indicar que la función cardíaca es óptima. El paciente crítico presenta generalmente unas demandas de oxígeno anormales debido al propio proceso desencadenante de la enfermedad, por lo que el valor de gasto cardíaco por sí solo no es suficiente para valorar el estado de la función cardíaca y situación hemodinámica del paciente. Si se asocia a otros valores que contribuyan información sobre los determinantes del gasto cardíaco y el equilibrio entre el aporte y el consumo de oxígeno, se podrá tener una idea más exacta de lo adecuado o no de la función cardíaca global (García et al., 2011).

Los determinantes del gasto cardíaco son el volumen sistólico y la frecuencia cardíaca. A su vez, el volumen sistólico va a depender de:

- *Precarga:* Está determinada por la longitud de la fibra cardíaca antes de su contracción. Según la ley de Frank-Starling existe una relación directa entre el grado de elongación de la fibra en diástole y el posterior acortamiento de la fibra miocárdica en sístole. La relación entre retorno

venoso y función cardíaca va a determinar los valores de la presión venosa y el gasto cardíaco del momento. Un aumento en el retorno venoso producirá un aumento del gasto cardíaco en un corazón sano y la presión venosa se mantendrá en límites normales (Garcia et al., 2011).

- **Poscarga:** Supone la resistencia al vaciado del corazón. En un corazón sano, la poscarga equivale a la tensión de la pared ventricular en sístole, siendo esta tensión la presión que debe superar el ventrículo para contraerse. El gasto cardíaco tiene una relación inversa con la poscarga (Garcia et al., 2011).
- **Contractilidad cardíaca:** Es la capacidad intrínseca del miocardio para bombear la sangre en condiciones de precarga y poscarga constantes. Está relacionada con la velocidad de acortamiento del músculo cardíaco que, a su vez, depende del contenido de Ca^{++} intracelular de los miocitos y determinadas proteínas musculares como la proteincinasa (Garcia et al., 2011).

2.2.3 Farmacología cardiovascular frecuentemente utilizada en pacientes en estado crítico:

En las diferentes unidades de cuidado intensivo, el intensivista o médico tratante diariamente esta prescribiendo farmacología cardiovascular que influye positiva o negativamente en el paciente y está relacionada de una manera indirecta con la capacidad aeróbica.

Así para; Bañeras (2015), Los fármacos vasoactivos poseen propiedades inotrópicas y vasomotoras y los describe de la siguiente manera:

- **Digoxina:** Su actividad se traduce en un incremento del índice cardíaco y la fracción de eyección y una disminución de la presión capilar pulmonar. A diferencia de otros inotrópicos, la digoxina tiene la ventaja de que no aumenta la frecuencia cardíaca ni interacciona con el tono vasomotor, además de disminuir la actividad neurohormonal. Por su mecanismo de acción de aumento del Ca^{2+} intracelular, no se evita su efecto arritmogénico.
- **Dobutamina:** Es una catecolamina sintética; tiene un efecto agonista directo en los receptores β_1 y β_2 adrenérgicos. Fármaco inotrópico y cronotrópico positivo, reduce la presión de llenado del ventrículo izquierdo. El efecto neto resultante consiste en un incremento del GC con disminución de las resistencias periféricas con o sin reducción de la PA.

- **Isoprotenerol:** catecolamina estructuralmente similar a la adrenalina, pero con un grupo isopropil amina que le proporciona la afinidad para los receptores β , con efecto inotrópico y, sobre todo, cronotrópico positivo.
- **Milrinona:** fármaco inhibidor de la fosfodiesterasa III. Causa un incremento del GC y vasodilatación sistémica y pulmonar y reduce las presiones de llenado del ventrículo izquierdo. Se produce sinergia inotrópica cuando se combina con fármacos adrenérgicos, por sus distintos mecanismos de acción.
- **Noradrenalina:** Pertenece al grupo de catecolaminas endógenas, liberada por las neuronas simpáticas. Actúa en receptores α_1 y β_1 ; la acción α_1 es más intensa, por lo que su efecto se traduce en una potente vasoconstricción y un escaso efecto inotrópico y cronotrópico positivo. En ocasiones aparece una bradicardia refleja en respuesta al aumento de la PAM. Puede producir hiperglucemia, arritmias e isquemia miocárdica.
- **Adrenalina:** Catecolamina endógena. Potente acción β_1 y moderada β_2 y α_1 . A dosis bajas, predomina el efecto beta con incremento del GC y efectos variables en la PA (actúa en β_2 , por lo que, en general, puede disminuir las resistencias). A dosis altas, el efecto alfa es el que predomina. Puede producir hiperglucemia, arritmias y vasoconstricción esplácica.
- **Dopamina:** Neurotransmisor endógeno, precursor inmediato de la noradrenalina. Las acciones de este fármaco se relacionan con la dosis empleada. Por su potencial arritmogénico y su falta de superioridad frente a la noradrenalina, pasa a ser un fármaco de segunda elección. Hay que destacar también que puede causar hipoxemia.
- **Terlipresina:** Análogo de la vasopresina. A diferencia de esta, aumenta el consumo de oxígeno y disminuye el GC.

A su vez la literatura, reporta dosis de administración de los medicamentos inotrópicos positivos:

Tabla 2

Administración de inotrópicos positivos y dosis

FÁRMACO	MECANISMO DE ACCION	DOSIS
	Bolo	Infusión
Dobutamina	No	2 a 20 Pg/Kg/min.
Dopamina	No	< 3 Pg/kg/min. Efecto renal 3 – 5 Pg/kg/min. Inotrópico > 5 Pg/kg/min. Vasoconstrictor
Milrinone	25 – 75 Pg/kg/min. 10 – 20 min.	0,375 – 7,5 Pg/kg/min.
Levosimendán	12 – 14 Pg/kg/min. > a 10 min	0,1 Pg/kg/min a 0,2 Pg/kg/min. Podría disminuirse a 0,05 Pg/kg/min.
Norepinefrina	No	0,2 a 1 Pg/kg/min.
Epinefrina	1 mg IV en resucitación	0,05 – 0,5 Pg/kg/min

Fuente: (Peláez, 2010)

2.2.4 Gases arteriales y/o venosos

Los gases arteriales constituyen otro indicador de la captación, degradación y uso del oxígeno como fuente energética; y hacen referencia a una prueba de laboratorio en la que se analiza el comportamiento de la concentración de hidrogeniones en sangre, para conocer el grado de alcalinidad o acidez que influye directamente sobre diferentes funciones fisiológicas comprometiendo la salud de una persona (Dueñas, 2010).

Según, Lian, (2010), el análisis de los gases arteriales da información sobre la oxigenación, el equilibrio ácido-base, la función pulmonar, y el estado metabólico, las necesidades de oxigenación de un paciente se reflejan en los parámetros de PaO₂ y SaO₂. El pH indica el estado ácido-base y la PaCO₂ revela la idoneidad de la ventilación pulmonar basado en la condición del paciente.

PaCO₂: Mide la presión parcial de dióxido de carbono (CO₂). En sangre arterial corresponde al componente respiratorio del equilibrio ácido-básico. Ya que ese parámetro es controlado por el

pulmón, la PaCO_2 es la medida de la eficacia de la ventilación, un indicador de la efectividad de la eliminación de dióxido de carbono y también es un indicador de la cantidad de ácido carbónico presente en el plasma. El CO_2 varía inversamente al pH. En el caso de la acidosis metabólica, los pulmones intentarán compensar eliminando CO_2 para elevar el pH. En el caso de la alcalosis metabólica, los pulmones intentarán compensarla reteniendo CO_2 para disminuir el pH. Son determinantes de la PaCO_2 : la ventilación alveolar (VA), la relación del espacio muerto y el volumen corriente (V_d/V_t), la producción metabólica de dióxido de carbono en los órganos y tejidos. (Silva, s.f. p. 106).

HCO₃⁻: El ion bicarbonato (HCO_3^-) es el determinante del componente metabólico (renal) del equilibrio ácido-básico. Este ion puede medirse directamente por la cifra de bicarbonato o indirectamente por el contenido de CO_2 . La relación entre bicarbonato y pH es directamente proporcional. El bicarbonato está elevado en la alcalosis metabólica y disminuido en la acidosis metabólica. (Silva, s.f. p. 106).

SO₂: Indica el porcentaje de la hemoglobina saturada con el O_2 . Conforme disminuye el nivel de PO_2 lo hace también el porcentaje de saturación de la hemoglobina. Esta disminución es lineal hasta un cierto valor. Sin embargo, si el nivel de PO_2 cae por debajo de los 60 mm Hg, las pequeñas disminuciones de la PO_2 producen grandes descensos en el porcentaje de hemoglobina saturada con O_2 : A niveles de SaO_2 del 70% o inferiores, los tejidos no pueden extraer suficiente O_2 para realizar sus funciones vitales. (Silva, s.f. p. 107).

Indicaciones:

- Evaluar la oxigenación (PaO_2 y saturación de O_2), la ventilación alveolar (PaCO_2), el equilibrio ácido base (PaCO_2 y pH) y la función hemodinámica.
- Determinar la respuesta del paciente a las intervenciones terapéuticas (oxigenoterapia, ventilación mecánica) y evaluar los diagnósticos.
- Realizar el seguimiento de la gravedad y evolución de la enfermedad pulmonar (Silva, s.f. p. 104)

Estado de Oxigenación:

Parra (2010), indica que directamente se obtiene por medio de la SaO_2 y la PaO_2 e indirectamente por medio de la relación Pa/Fi , la Diferencia Alveolo arterial: D (A-a)O_2 , y el índice arteria-alveolar: Ia/A .

- **Relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$:** valor normal > 300 mide el índice de lesión pulmonar

Lesión pulmonar leve: $200 - 299$

Lesión pulmonar moderada: $100 - 199$

Lesión pulmonar severa: $< \text{de } 100$

- **$\text{D (A-a)O}_2: \text{PAO}_2 - \text{PaO}_2$:** Valor normal: $5\text{-}12 \text{ mmHg}$

Determina si existe un trastorno del Intercambio Gaseoso

Para hallar la presión Alveolar de oxígeno se tiene en cuenta la siguiente formula:

$$\text{Presión Alveolar} = (\text{Pb} - \text{PH}_2\text{O}) * \text{FiO}_2 - \text{PaCO}_2 / \text{R}$$

Pb : Presión Barométrica (para Bogotá 560 mmHg)

PH_2O : Presión Vapor de Agua (47 mmHg)

FiO_2 : Fracción de oxígeno inspirada

PaCO_2 : Presión arterial de CO_2

R : Cociente respiratorio ($0.8\text{-}1$)

- **Índice $\text{a}/\text{A} : \text{PaO}_2/\text{PAO}_2$:** valor normal: $0.8 - 1$

Mide severidad del trastorno del intercambio gaseoso

Leve $0.6 - 0.8$

Moderado $0.3 - 0.6$

Severo < 0.3

- **Estado Acido Base:** El pH de un paciente refleja la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en la sangre arterial. Estos dos valores tienen una relación inversa: un pH bajo significa acidez en la sangre como resultado del aumento de la concentración de H^+ . Por el contrario, la disminución de la concentración de H^+ conduce a un pH más alto por lo que la sangre se vuelve más alcalina. La eliminación y la producción de H^+ (ácido) y HCO_3^- (bicarbonato, un álcali) son controlados por los sistemas respiratorios y renal respectivamente (Lian, 2010).

Dando continuidad a la influencia de los sistemas cardiovascular y pulmonar sobre la capacidad aeróbica, es importante recordar que la sangre es un fluido viscoso compuesto de células y plasma. El 99% de la sangre se conforma por células rojas, por lo que su principal función es la de transportar el oxígeno desde los pulmones hacia los tejidos; las células blancas casi no tienen un papel determinante en las características físicas de la sangre (Dean, 2012).

En este contexto, para efectos de la capacidad de producción, aporte y utilización del oxígeno por el organismo, el contenido arterial de oxígeno es un factor que aporta a esta función, y se considera que en 100 ml de sangre arterial viaja oxígeno unido a la hemoglobina (1,34 ml), y una muy pequeña parte estaría disuelta en el plasma (0,003ml). Es así como el contenido arterial de oxígeno se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$CaO_2 = (Hb \times 1.34 \times Sao_2) + (PaO_2 \times 0.003)$$

La contribución de oxígeno disuelto en el plasma se define por el coeficiente de solubilidad: 0.003 que tiene el oxígeno en el plasma a una temperatura de 37°C. La hemoglobina tiene un límite de captación (saturación) de oxígeno en la formación de la oxihemoglobina. Esta captación ocurre sobre la variación de la presión parcial de oxígeno (Muñoz, 2014).

Por otro lado, la hemoglobina combinada con el oxígeno es denominada oxihemoglobina y expresa la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno, en relación a los niveles de presión arterial de oxígeno, así como de saturación, y se traduce como la curva sinusoidal (S) de disociación oxihemoglobina. Esta curva puede modificarse hacia la derecha o izquierda, en respuesta al comportamiento del pH de tejido, CO₂, temperatura y 2, 3 difosfoglicerato (2, 3 DPG, un constituyente de células sanguíneas normales) (Cristancho, 2008).

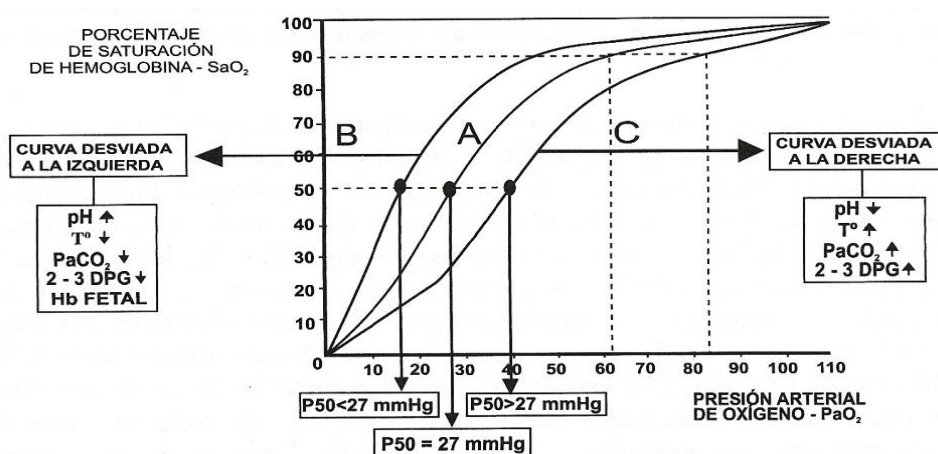


Figura 2: Curva de disociación de la hemoglobina (Cristancho, 2008)

Análisis de los gases venosos:

La monitorización de la saturación mixta venosa de O₂ (SvO₂), se obtiene al determinar la saturación de la sangre obtenida en la arteria pulmonar, y se usa como medición subrogada del equilibrio entre el aporte y consumo de O₂. El valor normal de la SvO₂ refleja un equilibrio entre el aporte (DO₂) y consumo de O₂ (VO₂) y su valor normal es de 75%. Normalmente el VO₂ es independiente del DO₂, ya que se puede incrementar la extracción cuando la DO₂ disminuye. Cuando se llega a su límite inicia la disminución de la SvO₂, valores de SvO₂ entre 55 y 70 indica que hay valor compensador, entre 50 y 30 ya no existe esta compensación e inicia la acidosis láctica (Pórtela, 2007).

Demanda de oxígeno: es la cantidad de oxígeno necesaria para satisfacer los requisitos metabólicos de todos los tejidos del cuerpo. Los tejidos y los órganos necesitan oxígeno, pero no pueden almacenarlo para utilizarlo en el futuro (Silva, s.f. p. 115).

Consumo de oxígeno: cantidad de oxígeno realmente utilizada por los tejidos. Es la diferencia entre el oxígeno suministrado por el sistema y la cantidad de oxígeno devuelto al corazón por el sistema venoso (Silva, s.f. p. 115).

En ciertas enfermedades, algunos tejidos son incapaces de asimilar o procesar el oxígeno necesario. En estos tejidos el consumo de oxígeno es menor a su demanda, lo que lleva a una hipoxia de los tejidos locales. Oxígeno ScvO₂ y SvO₂. La saturación venosa central de oxígeno (ScvO₂) y la saturación venosa mixta de oxígeno (SvO₂) son medidas de relación entre el consumo de oxígeno y el suministro de oxígeno al cuerpo. Los valores normales de la saturación venosa mixta de oxígeno (SvO₂) son 60%-80%. Los valores de la saturación venosa central de oxígeno (ScvO₂) representan las saturaciones venosas regionales con un valor normal de ~70%. La ScvO₂ es normalmente un poco mayor que la SvO₂, ya que no está mezclada con la sangre venosa del seno coronario. Aunque los valores pueden ser diferentes, siguen la misma tendencia. (Silva, s.f. p. 116).

Las causas de disminución de SvO₂ son múltiples, siendo las causas más frecuentes en la resucitación cardiopulmonar, la disminución del contenido arterial de O₂ o del gasto cardíaco. Con la excepción de pacientes con insuficiencia cardíaca que pueden tener en condiciones

basales de SvO₂ de 40-30, 0, los valores bajos conllevan a ver cuál de los factores determinantes de los valores de contenido de O₂ o gasto cardíaco se encuentran alterados (Pórtela, 2007).

2.2.5 Electrolitos:

Se describe como electrolito aquellas sustancias químicas que se encuentran en el plasma sanguíneo y tienen como finalidad lograr un equilibrio para mantener los procesos de homeostasis o equilibrio celular basándose en la osmolaridad y así mantener un pH equilibrio. Además, se considera de gran importancia la clasificación de los electrolitos en electrolitos fuertes y débiles. Los primeros son todos aquellos que se encuentran ionizados por completo en estado sólido, de forma tal que cuando se intenta disolverlos o fundirlos se libera solamente los iones de las fuerzas que los mantienen fijos, y electrolitos débiles todos aquellos se encuentran con ionización parcial, y disociación incompleta cuando se diluyen en agua. Teniendo en cuenta esto, se evidencia la importancia de cada uno de los componentes iónicos del cuerpo humano, como lo son: el sodio (Na⁺), potasio (K⁺), cloro (Cl⁻), magnesio (Mg⁺⁺) y calcio (Ca⁺⁺) por lo cual se resalta que los cambios en la concentración de carga electrolítica pueden formar un desequilibrio en la osmolaridad y procesos homeostáticos celulares, creando alteraciones en el paciente (Dueñas, 2010).

Retomando lo anteriormente mencionado, se constituyen las alteraciones secundarias al desequilibrio electrolítico, como el trastorno más frecuente del paciente crítico, producto de la pérdida por el aparato gastrointestinal, renal o edema, las cuales son: hipo o hipernatremia, hipo o hipercalemia, hipo o hipercalcemia, hipo o hipermagnesemia, hipo o hipercloremia. Como se mencionó anteriormente, en la sangre existe concentración de electrolitos, para regular diferentes funciones fisiológicas; la concentración de potasio extracelular juega un papel importante sobre la frecuencia cardíaca; incrementos de K⁺ producen disminuciones de frecuencia y también de la velocidad de conducción del potencial de acción cardíaco (Bustamante y Cuba, 2013).

A continuación, se describe en la siguiente tabla los valores normales de los electrolitos

Tabla 3

Valores de referencia de electrolitos

Electrolito	Valor normal
Sodio (mmol/L)	136-146
Potasio (mmol/L)	3,3-4,8
Calcio (mg/dL)	8-9,5
Magnesio (mg/dL)	1,9-2,2
Osmolalidad (mosm/kg)	288-307

Fuente: (Calderón et al., 2014)

Electrolito	Líquido intracelular	Líquido extracelular
Cloro	90-100 mEq/l	4 mEq/l

Fuente: (Bustamante y Cuba, 2013)

Para profundizar un poco mejor la importancia del equilibrio hidroelectrolítico, a continuación, se explica la osmolaridad.

2.2.6 Osmolaridad

Esta se define como la medida de toda concentración de la molaridad osmótica, entendida como los solutos que se encuentran en el plasma o en la orina; es decir, la osmolaridad se relaciona con las propiedades de la ósmosis; entendiéndose ésta como la interacción del soluto (un sólido) con una membrana, generando una difusión simple del soluto por la membrana sin que se afecte su energía (Hooper et al., 2015).

La osmolaridad es el número total de partículas osmóticamente activas por litro de solución (osmoles/litro de solución). Para mantener la homeostasis del organismo, las presiones osmóticas de dos compartimentos se equilibran gracias al paso libre del agua a través de una membrana semipermeable. Por esta razón, se considera que las presiones osmóticas eficaces de uno y otro compartimento son iguales, y la variación de la presión osmótica en alguno de los compartimentos llevará a una nueva distribución del agua entre ambos. Como el agua difunde libremente a través de las membranas celulares pasará desde el espacio donde hay más (osmolalidad más baja) hacia donde hay menos (osmolalidad más alta). Al ser el sodio el

principal osmol extracelular, los cambios en su concentración producirán movimientos del agua en uno u otro sentido (Ceballos, s.f.).

2.2.6.1 Valoración de los trastornos del agua y el sodio: Se basa en tres parámetros:

1. Valoración clínica de la cantidad de sodio y agua del organismo
2. Valoración bioquímica de las concentraciones de agua (osmolaridad) y sodio en la sangre
3. Valoración de la respuesta renal mediante análisis bioquímico de la orina

Un paciente con edemas o ascitis tiene un aumento del volumen extracelular, y por tanto el sodio total estará aumentado, existen alteraciones en pacientes en estado crítico que pueden generar:

- **Hiponatremia:** se debe siempre a una retención renal de agua, es decir, que siempre tiene un componente dilucional. El riñón aumenta o disminuye la excreción de agua libre, esto se hace mediante la hormona antidiurética, la cual está regulada por dos mecanismos:

1. La osmolaridad: la secreción de ADH es muy sensible a los cambios en la osmolaridad plasmática. Cambios del 1-2% producen un aumento en su liberación.
2. La volemia: la secreción de ADH también se estimula por una disminución del volumen sanguíneo, del gasto cardíaco o de la presión arterial. Pero la sensibilidad de los barorreceptores (sensibles a cambios del 5-10% de la volemia) es menor que la de los osmorreceptores.

Hay muchas situaciones en las cuales la liberación de ADH no se debe a ninguno de los dos mecanismos anteriores, es lo que se conoce como Síndrome de secreción inadecuada de ADH. Por último, la retención de agua por motivos no osmóticos produce hiponatremia.

- **Hipernatremia:** siempre se produce por un déficit de agua:
 - Falta de ingesta: la sensación de sed es tan poderosa que no puede resistirse, “no se puede hacer huelga de sed”. Se presenta en personas que no pueden tener acceso libre al agua, niños pequeños y pacientes en coma.

- Pérdida de agua por el riñón: debido a un déficit de ADH o falta de respuesta del riñón a la misma, se denomina Diabetes Insípida.

La hipernatremia condiciona un aumento de la osmolaridad, lo que conlleva la salida de agua del interior de la célula y la consiguiente deshidratación celular, causante de los síntomas neurológicos. Cuando existen desequilibrios electrolíticos, es importante realizar valoración de la respuesta renal a la depleción de volumen total o eficaz, la cual es la reabsorción renal de sodio y agua. Por tanto, el sodio en orina estará bajo (menos de 40 mEq/L) y la osmolaridad en plasma estará alta. Si la situación clínica empeora, habrá también un aumento de la reabsorción de urea en el túbulo proximal acompañando al sodio, y se elevará la urea plasmática desproporcionadamente con respecto a la creatinina, lo que se conoce como insuficiencia renal prerrenal. La respuesta renal a la hipernatremia es la reabsorción máxima de agua, con osmolaridad muy elevada en orina, y si no está máximamente elevada indicará un déficit absoluto o funcional de ADH (Ceballos, s.f.).

Teniendo en cuenta lo anterior se evidencia que si no hay un adecuado equilibrio osmolar plasmático se va a desencadenar un sin fin de disfunciones como lo son: deshidratación, toxicidad por etanol, pérdidas de agua e hiponatremia.

Adicional a lo anterior también juega un papel muy importante valorar el gasto urinario, ya que la disminución del flujo sanguíneo renal provoca aumento de resorción de agua y solutos en toda la nefrona, estímulo a la secreción de renina y a la liberación de ADH. Como consecuencia se incrementa aún más la reabsorción de sodio en el túbulo distal y la de agua en el túbulo colector, esto provoca disminución del volumen urinario con baja concentración de sodio, pero con elevada osmolaridad por mantenerse la excreción de solutos (Ruiz, 2002).

2.2.7 Lactato

Es el producto final del metabolismo anaerobio y una valiosa herramienta diagnóstica para la interpretación, estratificación y comprensión de diferentes procesos patológicos del paciente críticamente enfermo. Gracias al avance tecnológico, que ha permitido un crecimiento constante en las técnicas de laboratorio, el lactato tiene hoy en día una amplia aplicabilidad en la práctica clínica, permitiendo un criterio médico más objetivo con el fin de establecer riesgos,

diagnósticos, pronósticos y guiar tratamientos encaminados a mejorar la perfusión (Bermúdez y Fonseca, 2016).

Este parámetro permite determinar metas para una reanimación temprana en el medio hospitalario, ya que es el producto final de la glucólisis anaeróbica, y puede modificarse ante situaciones patológicas de demandas metabólicas altas, como es el caso del paciente críticamente enfermo. Este compuesto en la sangre, se metaboliza principalmente por el hígado (60%) y los riñones (30%), además del músculo estriado, el corazón y el cerebro; los valores de lactato arterial, en condiciones basales están entre 0,5 y 1 mmol/l, reflejando el equilibrio entre la producción y el consumo de lactato (Bermúdez y Fonseca, 2016).

Clasificación de la hiperlactatemia: En el paciente crítico la hiperlactatemia no siempre es resultado de hipoxia tisular; Woods y Cohen, basándose en el trabajo de Huckabee, clasificaron en dos tipos A y B (Ortiz y Dueñas, 2013).

- La hiperlactatemia tipo A: aparece por disminución de oxígeno o perfusión, es decir en estados de choque en los cuales el aporte de oxígeno es insuficiente para alcanzar las demandas energéticas celulares (Ortiz y Dueñas, 2013).
- La hiperlactatemia tipo B se debe a causas diferentes de la perfusión se debe a disfunción mitocondrial, sin embargo, hoy se conoce que hay sobreexposición de enzimas glucolíticas como la hexoquinasa que promueve una alta tasa de glucólisis en las células tumorales, otras causas de la hiperlactatemia tipo B es: falla renal, falla hepática, diabetes mellitus, VIH, drogas y toxinas y errores innatos del metabolismo (Ortiz y Dueñas, 2013).

En Colombia se ha estudiado el uso del lactato como predictor y manifestación del shock y disfunción orgánica e un estudio “la epidemiología de la sepsis en Colombia “una cohorte perspectiva de pacientes en 10 hospitales generales de 4 ciudades de Colombia se relaciona el modelo lineal del aumento del lactato y riesgo de muerte. El que un marcador sea capaz de predecir mortalidad e un grupo especial de pacientes con bajo riesgo de muerte lo hace mucho más útil y eficaz desde el punto de vista clínico (Ortiz y Dueñas, 2013).

En ese sentido, es importante recordar que la formación del el piruvato es consecuencia de la glucólisis, y puede descomponerse aún más, esta transformación se produce en presencia de O₂

en las mitocondrias musculares. Si el piruvato no se descompone generalmente se convierte en lactato, estando presente en el sistema mientras descansamos y durante nuestras actividades cotidianas, aunque a niveles muy bajos (Bermúdez y Fonseca, 2016).

Con lo descrito hasta el momento y asociado a las teorías de los gases, cabe resaltar las argumentaciones respecto a los indicadores de diferencia de los iones fuertes; se denomina ión fuerte a aquel que en solución acuosa se disocia totalmente, representando el balance de la carga neta de iones (cationes y aniones) en solución acuosa capaz de disociarse casi completamente la disociación fisiológica no es del 100%. La diferencia de los iones fuertes (DIF) se asemeja al concepto de anión gap o brecha aniónica, calculándose como la diferencia entre aniones y cationes casi totalmente dissociables en solución:

- $DIF = [Na + K + Mg + Ca] - [Cl + lactato]$
- (Valor fisiológico de DIF = 40 – 42 mEq)

La utilidad clínica de la DIF es que a menor DIF menor pH y mayor [H], es decir, la DIF es directamente proporcional al pH e inversamente proporcional a la concentración de hidrogeniones.

Otros factores que influyen indirectamente en la capacidad aeróbica son:

Hidratación: Como ya se ha mencionado, el agua, que representa el 70% del organismo, acompañada de sales disueltas con cargas eléctricas, es un elemento fundamental para la vida, como se argumentó en el apartado de electrolitos y osmolaridad (Muñoz, 2014).

Hipertermia, un aumento de la temperatura corporal por encima de los 37°C genera mecanismos de compensación, como la sudoración y evaporación predisponiendo a complicaciones secundarias.

Por el contrario, la hipotermia evidencia pérdida del efecto termorregulador, que en ocasiones puede deberse a estados de deshidratación del organismo.

En el paciente críticamente enfermo, la fibra muscular puede verse afectada, por diferentes mecanismos como se describe en el presente documento; cuando esto sucede, o hay desbalance

entre el suministro y las demandas de oxígeno o disminución del flujo sanguíneo puede generarse isquemia tisular, compromiso de la producción de ATP, alteración de los transportadores iónicos y como consecuencia deficiencias en bombas sodio potasio y disfunción mitocondrial, resumiéndose en ineficiente capacidad aeróbica (Nieto et al., 2016).

Genética: La genética es otro determinante de la capacidad aeróbica al lado de la cual los aspectos ambientales pierden un poco de importancia; esto quiere decir, que la razón primera para que un individuo tenga un mayor o menor consumo de oxígeno durante un esfuerzo, radica en la dotación genética que ha heredado de sus padres, claro está, susceptible de ser modificada en alguna medida por influencias del medio en el cual se desarrolla el sujeto, ligado a los procesos de envejecimiento (Domenech y Macho, 2008).

2.3. Efectos fisiológicos de la ventilación mecánica invasiva

Los efectos del soporte ventilatorio dependen de las variables mecánicas que intervienen en la diferencia de presiones. En ese sentido, la inversión de presiones intratorácicas y abdominales va a generar por acción hemodinámica efectos deletéreos en distintos órganos y tejidos. Estas afectaciones no se consideran complicaciones, sino repercusiones fisiopatológicas relacionadas con la misma (Morales y Munevar, 2009) y se describen a continuación:

A nivel pulmonar: la VM tiende a aumentar la ventilación al espacio muerto e hipoventilar en las zonas con mayor perfusión sanguínea debido a las diferencias de distensibilidad de los alvéolos, llevando a alteraciones de ventilación/perfusión (V/Q), sobredistensión de alvéolos hiperventilados y atelectasias en las zonas hipoventiladas. Estas alteraciones son de poca trascendencia clínica en pacientes con pulmón sano y son corregidas, al menos parcialmente, con el uso de volúmenes corrientes grandes (8 a 12 ml/Kg) o la adición de PEEP. Sin embargo, en pacientes con patología pulmonar pueden ser de mayor importancia y requerir de monitoreo y tratamientos más agresivos (Gutiérrez, 2011).

Efectos cardiovasculares: el efecto fisiológico más importante es la caída del gasto cardíaco. Esta es primariamente debida a la disminución del retorno venoso que se produce por la ventilación con presión positiva y es más importante en pacientes hipovolémicos, con distensibilidad pulmonar normal y con el uso de PEEP. Esta respuesta puede ser revertida en la

mayoría de los pacientes, al menos parcialmente, con el apoyo de volumen (retos de fluidos) o drogas inotrópicas (Gutiérrez, 2011).

Según, Pardo (2001), las grandes complicaciones a nivel cardiovascular – pulmonar son: el deterioro en la capacidad aeróbica, restricción ventilatoria, atrofia y debilidad de los músculos respiratorios, riesgo de atelectasia y neumonía asociada a la ventilación mecánica.

Sistema Neuromuscular: En el paciente con síndrome de desacondicionamiento físico la supresión de la estimulación a los receptores kinestésicos, dada en condiciones normales por la posición, el movimiento y la fuerza de gravedad, disminuye el umbral de excitación y frecuencia del disparo de las fibras nerviosas llevando a alteraciones perceptuales somáticas importantes y así mismo minimizando los procesos de retroalimentación motora. Las manifestaciones clínicas más comunes a este nivel son neuropatías por atrapamiento, deprivación sensorial, incoordinación, tendencia a la depresión, estados de confusión, desorientación en el tiempo, pérdida de memoria y trastorno en el patrón del sueño (Pardo, 2001).

Efectos renales: la presión positiva intratorácica, unida a la presión intraabdominal y a la disminución del gasto cardíaco (GC), puede provocar descenso en el flujo sanguíneo renal, con reducción de la excreción de sodio. Por otra parte, estimula la liberación de la hormona antidiurética, incrementando la reabsorción de agua libre. A su vez, la retención de agua y sodio, unido a la dificultad del retorno venoso, producirá un aumento de la presión hidrostática, con salida de agua y solutos al espacio intersticial que explicaría la anasarca que suelen presentar estos pacientes (Viale et al., 2008).

Efectos Digestivos: debido a la disminución del flujo sanguíneo abdominal asociado a la VM, se pueden desarrollar o potenciar diversas alteraciones en la fisiopatología gastrointestinal. Se han descrito alteraciones de la motilidad intestinal, diarreas, colecistitis aguda, úlceras de la mucosa, e incluso hemorragias relacionadas con la VM (Viale et al., 2008).

El paciente que se encuentra en una unidad cuidado crítico, frecuentemente está sometido a un importante grado de inmovilización, el cual conlleva al Síndrome de desacondicionamiento físico. Este síndrome se caracteriza por atrofia muscular de las fibras tipo I, fatiga muscular por

menor capacidad oxidativa de la mitocondria, baja tolerancia al déficit de oxígeno y mayor dependencia del metabolismo anaeróbico (Mondragón, 2013).

Los pacientes admitidos en una Unidad de Cuidado Crítico pueden experimentar cambios físicos y no físicos que afectan su calidad de vida después del alta. Esta morbilidad puede aumentada por la medicación, el ambiente, los tratamientos invasivos como la ventilación mecánica y la privación de sueño. Se ha documentado una morbilidad física severa y continua en pacientes confinados a la cama en las Unidades de Cuidado Crítico: Atrofia muscular general, dolor articular, pérdida de masa ósea y pérdida de propiocepción se asocian con enfermedad crítica con períodos prolongados de reposo en cama e inmovilidad (Cubillos et al., 2008).

El desacondicionamiento físico es un factor que influye de forma indirecta alterando la capacidad aeróbica, en el caso en el paciente crítico que permanece de forma prolongada en la unidad de cuidado intensivo. Esto causa una alteración global de los diferentes sistemas, comprometiendo funciones físicas, metabólicas y fisiológicas de forma progresiva (Mondragón, 2013).

Un paciente en estado crítico que se encuentra con síndrome de desacondicionamiento físico, es propenso a tener una complicación por la disminución de oxígeno; además de las alteraciones fisiológicas propias del contexto, generando una hipoperfusión tisular conllevando a un déficit de oxígeno en diferentes órganos y sistemas, predominando en un metabolismo celular anaerobio, variación de la concentración de electrolitos e hidrogeniones, con aumento de la producción de lactato y acidosis metabólica. Si esta situación se prolonga en el tiempo, se agotan los depósitos energéticos celulares y se altera la función celular (Ibarra et al., 2010).

La edad es otro factor que afecta de manera indirecta la capacidad aeróbica de una manera predeterminada teniendo en cuenta las teorías del envejecimiento y los procesos fisiológicos que varían con la edad. Lo que junto con la estancia prolongada en la unidad de cuidado intensivo representan una deficiencia de las funciones básicas motoras y por ende el proceso de recuperación es más lento (López et al., 2009).

Para evidenciar las diferentes alteraciones que pueden presentar los pacientes en la unidad de cuidado crítico se deben tener en cuenta algunas variables que repercuten en el comportamiento fisiológico de los diversos sistemas corporales, unas de estas variables son la estancia prolongada

en la UCI y el síndrome de desacondicionamiento, lo cual desencadena en el paciente un deterioro progresivo tanto fisiológico como funcional y multisistémico, (Ibarra et al., 2010). A continuación, se describen algunas alteraciones en estos sistemas:

- *Sistema cardiovascular-pulmonar:* hay una disminución capacidad funcional proporcional al de la capacidad del VO₂ máx., el cual está relacionado con el tiempo prolongado en cama, evidenciándose una importante disminución del aporte de O₂ a los tejidos disminución de la perfusión tisular y aporte multisistémico, alteración del gasto cardiaco, alteración del inotropismo cardiaco, compensación y aumento de la frecuencia cardiaca, disminuye el tono vagal y aumenta la frecuencia, “asociado al incremento en la liberación de norepinefrina y la sensibilidad de los receptores cardíacos β -adrenérgicos. Este aumento de la frecuencia cardíaca después de tres semanas de reposo en cama puede ser de hasta 30 a 40 latidos por minuto. Con estos cambios en la frecuencia cardiaca el período diastólico de llenado del ciclo cardíaco se acorta y se disminuye la perfusión miocárdica (Guyton, 2006).
- *Sistema osteo - muscular:* Alteraciones estructurales en el trofismo del musculo, disminución de los cambios de tensibilidad de las fibras musculares, atrofia muscular, perdida de la fuerza y la potencia, disminución del movimiento, alteración en la producción de los canales de calcio por falta de descargas de peso, inicio de procesos de osteopenia, “Esta afectación del sistema osteomuscular se caracteriza por atrofia muscular de las fibras tipo I, fatiga muscular generada por la disminución en la capacidad oxidativa de la mitocondria, además baja tolerancia al déficit de oxígeno y mayor dependencia al metabolismo anaeróbico. Esto repercute en la funcionalidad y desempeño muscular, el cual se ve afectado por efectos negativos, representados de alguna manera por desequilibrio electrolítico alterando la Contracción muscular (Pardo et al., 2001).

2.4 Respuesta metabólica al trauma

Los estados patológicos de sepsis, quemaduras y trauma, generan manifestaciones anormales en la fisiología del organismo, afectando al mismo en varios contextos, lo cual condiciona que el cuidado y manejo específico de los pacientes con estas patologías sea sumamente complejo. La tendencia actual y la mejor manera de abordar la respuesta metabólica al trauma es en la que se considera el estado hemodinámico del paciente y las consecuencias sistémicas que implican. Estas fases son conocidas como fase Ebb, fase Flow, y fase anabólica (Ramírez et al., 2008).

2.4.1 Fase EBB o hipodinámica: se caracteriza por una intensa actividad simpática, condicionándose una caída del gasto cardiaco, provocando hipoperfusión tisular, con disminución a la vez del transporte y consumo del oxígeno, asimismo, disminuye la tasa metabólica de manera aguda, aumenta la glucosa sanguínea, el lactato sérico y la liberación de ácidos grasos, disminuye la temperatura corporal, se produce una resistencia periférica a la insulina, con la liberación a la vez de catecolaminas y la consecuente vasoconstricción por este fenómeno (Judge & Eisenga, 2005).

2.4.2 Fase Flow o hiperdinámica: tiene un tiempo de inicio promedio de 5 días posterior a la lesión, pudiendo mantenerse esta fase hasta por nueve meses, mostrando a su vez dos fases específicas, aguda y de adaptación. Se caracteriza por la utilización de sustratos mixtos de hidratos de carbono, aminoácidos y ácidos grasos. Se caracteriza además por mostrar un estado catabólico acentuado, con aumento del gasto energético de 1.5 a 2 veces del basal, condicionándose a la vez un mayor consumo de oxígeno y producción de CO₂ (Judge & Eisenga, 2005).

En la siguiente tabla se describen las respuestas generadas según cada fase

Tabla 4
Fases de la respuesta metabólica al trauma

Fase Ebb Choque	Fase Flow (Aguda) Catabolismo	Fase Flow (Adaptación) Anabolismo
Disminución en la perfusión tisular	Aumento de glucocorticoides	La respuesta hormonal decrece
Disminución en la velocidad metabólica	Aumento de glucagón	Gradualmente
Disminuye VO ₂	Aumento de catecolaminas	Disminuye la respuesta
Disminuye tensión arterial	Liberación de citocinas, mediadores lipídicos	Hipermetabólica
Disminuye la temperatura	Producción de proteínas	Se asocia a recuperación
		Restauración potencial de las proteínas corporales
		Curación de heridas en relación con el aporte de nutrientes
Aumento en la excreta de N		
Aumento en la velocidad metabólica		
Aumenta VO ₂		
Alteración en el empleo de nutrientes		

Fuente: (Ramírez et al., 2008).

2.5 Estado nutricional

El estado nutricional de paciente depende de varias alteraciones propias de su estado, independiente de la enfermedad o disfunción fisiológica de base, impactando en los diferentes sistemas como lo son: el sistema cardiovascular, pulmonar, osteomuscular, tegumentario, renal, neurológico o gastrointestinal, lo cual genera cambios significativos y compensatorios en los procesos metabólicos deteriorando el estado general del paciente a nivel nutricional. Otros factores como las vías de nutrición (enteral o parenteral, para el caso de la presente investigación) (Cáceres et al., 2008).

Paralelo a lo anterior, se considera que la condición clínica del paciente crítico, repercute de forma global hemodinámicamente, presentando alteraciones de tipo electrolítico, las alteraciones cardiopulmonares y el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica, la cual aumenta las demandas metabólicas y a su vez aumenta el gasto energético y disminución de los sustratos que permiten tener un buen metabolismo estableciendo una fase de catabolismo por lo cual hay una disminución del aporte de oxígeno y a su vez una alteración en la conservación de las funciones vitales para favorecer la reparación de tejidos (Cáceres et al., 2008).

Durante la estancia de un paciente crítico en la unidad de cuidados intensivos, se inicia un proceso de complementación nutricional, cuyo objetivo principal es el aporte de nutrientes, que permitan conservar los adecuados procesos orgánicos y minimizar de éste modo la presencia de catabolismo, pérdida de masa corporal magra y mejorar el aporte de nutrientes dentro de las limitaciones que imponen los distintos grados de falla orgánica; para que de ésta manera se logre una rápida y oportuna intervención multidisciplinaria del personal de salud tratante y así lograr una óptima recuperación (Cáceres et al., 2009).

Dadas las condiciones clínicas en que se encuentra el paciente en unidad de cuidados intensivos, se hace necesario la utilización de un soporte nutricional especial o artificial con la finalidad de proporcionar los nutrientes adecuados para prevenir una desnutrición proteico calórica y sus efectos negativos (Montejo y Garcia, 2004).

Al igual que el iniciar un aporte nutricional rápido, es indispensable comenzar una movilización temprana del paciente en la unidad de cuidados intensivos, con el fin de mantener

las cualidades físicas básicas y previniendo de éste modo el rápido deterioro tanto físico como fisiológico (Cáceres et al., 2009).

Mogollón (2008), hace referencia que para la prescripción del ejercicio en una unidad de cuidados intensivos, se hace necesario determinar la intensidad de trabajo, a través de varios métodos que incluyen el porcentaje directo de la frecuencia cardíaca máxima, el método de la frecuencia cardíaca de reserva y uno de los más empleados actualmente por los fisioterapeutas: la frecuencia cardíaca de entrenamiento, con el fin de permitir un seguimiento continuo y adecuado de la intensidad de la actividad.

Como indican Marian y Roberts (2015), en un paciente críticamente enfermo durante el proceso de estrés agudo se presentan importantes alteraciones en el metabolismo de los carbohidratos, donde el paciente pasa de una condición anabólica de almacenar carbohidratos en forma de glucógeno a una condición catabólica con un elevado gasto energético; las reservas de glucógeno se agotan rápidamente en las primeras 24 horas, y la proteína así como la grasa se convierten en la fuente primaria de energía, y aunque las reservas de grasa corporal se movilizan no se da un ahorro proteico.

En ese contexto, el periodo de estrés agudo al que se expone un paciente crítico repercute en un alto grado de hipercatabolismo. Sabino y Patiño (2016) indican que en sus servicios han encontrado balances negativos de nitrógeno mayores de 15 g/día lo cual equivale a una pérdida diaria aproximada 375 gr de músculo, esto explica el síndrome de depleción principalmente en la proteína muscular y visceral; por ésta razón establecen que en la fase de estrés agudo el objetivo principal es atender las necesidades proteicas con el fin de modular la degradación, y a la vez dar respuesta a los requisitos calóricos con una proporción baja de glucosa, lo que han denominado régimen hipocalórico, el cual en realidad es un régimen hipo glúcido e hiperprotéico; la cual se caracteriza por inanición deliberada de todos los nutrientes sin tener en cuenta la masa muscular o el estado catabólico del paciente.

2.6 Evaluación de la capacidad aeróbica en el contexto hospitalario

Como se ha descrito en los apartados anteriores, la capacidad aeróbica no depende de un único factor, sino que por el contrario debe considerarse todo el contexto del paciente, y en el

área crítica especialmente considerar todos y cada uno de los determinantes del metabolismo corporal humano, para interpretar de manera objetiva el comportamiento de este atributo cinético.

En ese sentido, la bibliografía aporta gran material, pero sin una única estructura definida para evaluar la capacidad aeróbica en el paciente adulto en ventilación mecánica invasiva; por lo que el equipo investigador se permite relacionar las diferentes argumentaciones al respecto para posteriormente realizar una propuesta objetiva de evaluación en dicha población.

En consecuencia, el gasto energético o requerimiento calórico es un aspecto fundamental a considerar en el paciente críticamente enfermo, por sus condiciones metabólicas; existen recomendaciones sobre diferentes ecuaciones para determinar los requerimientos energéticos, por ejemplo, el normograma de Wilmore $\times 1,664$, Schofield modificada, Harris-Benedict con distintos factores de lesión y actividad y la de Ireton-Jones; pero lo que debe trabarse muy de la mano con el grupo de soporte nutricional de la institución en la que se encuentre la persona (Muñoz et al., 2014).

A continuación, se relacionan las fórmulas más reconocidas en pacientes adultos, para determinar los requerimientos energéticos:

Tabla 5

Fórmulas predictivas más conocidas en adultos

REFERENCIA	FORMULA	COMENTARIOS
Harris Benedece	Mujeres	individuos sanos - se debe multiplicar por un factor de estrés ; Factor de estrés recomendado $\times 1.5$ (varianza calórica $19+24\%$) y"
Curreri	$25(\text{peso})+40\% \text{ ASCQ}$	Varianza $35+35\%$ respecto al GER Medido. Sobrestima en 43% las necesidades calóricas en el paciente quemado.
Long	$\text{GET} = \text{GER} \times \text{Factor de lesion} \times \text{factor de actividad}$	Formula de Long para quemados graves. Factor de actividad $\times 1,2$ si confiando a cama. - Factor de lesión $\times 2.1$ Otros autores: - Factor de actividad $\times 1.1$ Varianza $41 \times 44\%$ respecto al GER medido
Formula de Toronto	$\text{GER} [X 4343 + (10,3X\text{ASCQ} + (0.23 \text{ Por aportes calóricos} + 0.84 \times \text{Harris Benedicp}) + (114 \times \text{temperatura rectal en "C}). 4.5 \text{ por día post quemadura.}$	Mal productor del GER en algunos estudios , buena estimación en otros estudios, en uno de ellos utilizando factores de actividad de 1.2 "

Ecuación de Milner	$(\text{GEB} \times 24 \times \text{ASC}) \times (0,274 + 0.0079 \times \text{ASCQ} - 0.004 \times \text{diaposquemadura}) (\text{GEB} \times 24 \times \text{ASC})$.	Ecuación menos sesgada pero de cálculo difícil y con amplio rango de error.
Ecuación de Carson	$\text{GEB} \times (0.89142 + 0.01335 \times \text{ASCQ}) \times 24$	Solo útil en los primeros 30 días
Ecuación de Cumingham	$\text{ASCQ} > 30\% 1750 \text{Kcal/m/día}$	Recomendable en el paciente critico obeso multiplicando por el factor de lesión 1.2"
Ecuación de Xx	1000kcal/día	Resultados controvertidos
Ecuación de Zawacki	1400kcal/día m/día	Resultados controvertidos
Ecuación de Ireton Jones	Paciente en ventilación mecánica: 1784- 11 (edad)+5(peso)+244(sexo)+239(trumatismo)+804(quema dura).	Permite cálculo en pacientes en ventilación mecánica varianza de $20 \pm 20\%$ respecto al GER medido.
Schoofield modificada	GER x factores de lesión Hombres. 10-18 años= $(0.074 \times \text{peso}) + 2.754$ 18.30 años = $(0.063 \times \text{peso}) + 2.896$ 30.60 años= $(0.048 \times \text{peso}) + 3.653$ Mujeres 10-18 años= $(0.056 \times \text{peso}) + 2.754$ 18.30 años = $(0.062 \times \text{peso}) + 2.896$ 30.60 años= $(0.034 \times \text{peso}) + 3.653$ X 60 años = $(0.038 \times \text{peso}) + 2.755$. Factores de lesión: <10% ASCQ=1.2 11*20% ASCQ=1.3 21*30% ASCQ=1.5 31*50% ASCQ=1.8 >50% ASCQ2.0	Una de las fórmulas más usadas en la práctica común, al igual que en la ecuación Harris Benedict, se aplica un factor de actividad y un factor de lesión al resultado final.

Fuente: (Muñoz et al., 2014)

En los pacientes críticamente enfermos que se encuentran en las unidades de cuidados intensivos se hace necesario determinar el requerimiento calórico y gasto calórico de la actividad realizada sin sobrepasar la capacidad de su estado metabólico; éste gasto calórico se calcula mediante el consumo de METS que requiere la actividad teniendo en cuenta la siguiente formula: $\text{Kcal min} = \text{MET} \times 3.5 \times \text{Peso Corporal (Kg peso)} / 200$ (Cáceres et al. 2008).

Algunos autores, relacionan actividades específicas con el consumo de METs. Por su parte el equivalente metabólico estándar (METs), que se define como el consumo de oxígeno que se produce durante un minuto con el individuo sentado y en reposo, también se correlaciona con la frecuencia cardíaca, de forma que, dependiendo del tipo de actividad, se aumenta el consumo de oxígeno con respecto al reposo. El control de la frecuencia cardíaca (FC) es el método más práctico y sencillo para calcular la intensidad del esfuerzo físico. Para ello, se mide la FC de reposo y la frecuencia cardiaca máxima (FC Máxima) definida como el número máximo de latidos cardiacos por minuto (Padrón, 2014).

Gasto calórico: Equivalente Metabólico (METs): Es la cantidad de oxígeno necesaria para el mantenimiento durante 1 minuto de las funciones metabólicas del organismo con el individuo en reposo y sentado. 1 MET equivale a 3,5 ml*kg*min. Como la cantidad de oxígeno consumida es directamente proporcional al consumo energético, este dato se puede también definir como la energía consumida en estado de reposo durante 1 minuto. La prescripción basada en el coste energético de la actividad mediante METs, es la aplicación más lógica para sujetos aparentemente sanos y aquellos con valores altos de VO₂máx, pero resulta menos aplicable en personas con enfermedades cardiorrespiratoria o en individuos con baja capacidad funcional (Alemán et al., 2014).

Mediante las tablas apropiadas se pueden obtener los METs de cada tipo de EF, transformándolos en gasto calórico mediante la fórmula: METs * 3,5 * kg de peso / 200 = Kcal * min⁻¹ Un rango entre el 60 y 85% de los METs máximos se correlaciona con las intensidades máxima y mínima del esfuerzo respectivamente. Según el ACMS el margen de intensidades adecuadas para conseguir mejoras en la condición física corresponde del 40 al 85% de los METs máximos (Alemán et al., 2014).

El cálculo de los METs máximos requiere la realización de la prueba de esfuerzo a máxima intensidad en el laboratorio, hallando el VO₂max y dividiéndolo por 3,5 ml/kg/min. A continuación, en la Tabla se ilustran los consumos en METs de diferentes actividades. En general, las actividades que exijan un gasto energético menor de 3,5 METs se consideran de baja intensidad y no suelen recomendarse para programas de ejercicio físico, salvo en personas con una capacidad funcional muy baja (inferior a 6 METs). Se consideran actividades de intensidad

moderada las que exigen un gasto energético de 4 a 8 METs, de intensidad media las que requieren de 8 a 12 METs y de intensidad elevada las que superan los 12 METs. (Alemán et al., 2014).

Hay autores que refieren que según diferentes actividades se consumen ciertos METs como se describe a continuación:

Tabla 6

Actividades y equivalentes metabólicos

METs	ACTIVIDAD
1*2	Andar (1,5 - 3 km/h)
2*3	Andar (3-4,5 km/h), Bicicleta estática (50w), Ciclismo (7,5 km/h), Billar, Bolos,
3*4	Andar (4,5-5,5 km/h), Ciclismo (7,5-10 km/h), Gimnasia suave, Pesca
4*5	Andar (4,5-5,5 km/h), Ciclismo (7,5-10 km/h), Gimnasia suave, Pesca
5*6	Andar (6-7 km/h), Bicicleta estática (100w), Ciclismo (12-13 km/h), Pesas 8lig - moderado)
6*7	Andar (6-7 km/h), Bicicleta estática (100w), Ciclismo (12-13 km/h), Badminton, Caza menor, Equitación (trote), Patinaje, Pesas (ligero-moderado)
7*8	Correr (7,5 km/h), Ciclismo (20 km/h), Alpinismo, Equitación (galope), Esquí (descenso intenso), Esquí de fondo (suave), Natación (moderada-rápida), Remo/canoa (7,5 km/h)
8*9	Correr (8 km/h), Cross, Ciclismo (21 km/h), Ciclismo de montaña, Boxeo/karate (suaves), Pesas (intenso), Baloncesto (intenso), Balonmano (recreacional), Fútbol (recreacional)
>10	Correr (>9 km/h), Bicicleta estática (200w), Ciclismo (>21 km/h), Boxeo/karate (competición), Caza mayor, Esquí (descenso competición), Esquí de fondo (intenso), Natación (competición), Baloncesto (competición), Balonmano (competición), Fútbol (intenso)

Fuente: (Alemán et al., 2014)

La valoración del requerimiento energético en los pacientes críticos constituye una de la más amplias y variadas prácticas para determinar el soporte nutricional. Los métodos empleados generalmente dependen de la disponibilidad de equipo tecnológico y la experiencia clínica. Cualquiera que sea el método escogido es importante recordar que una evaluación seriada del gasto energético es importante para establecer los cambios de requerimientos en el estado clínico actual del paciente (Espinoso, 2012).

2.6.1.1 La calorimetría indirecta: puede medir el gasto energético en pacientes ventilados mecánicamente o en respiración espontánea. La medida en los pacientes ventilados ofrece la mayor exactitud debido a que no existen las posibles variables de confusión que se pueden

encontrar en los pacientes respirando espontáneamente. Se deben tener en cuenta varias condiciones en la realización de la calorimetría indirecta para minimizar el riesgo de mediciones inválidas, como es la calibración de los gases, el mantenimiento de un estado estable y el momento oportuno de medición (Espinosa, 2012).

Otras condiciones que permiten la validez de la calorimetría indirecta son: requerimiento de fracciones inspiradas de oxígeno menores del 60%, sistema ventilatorio sin fugas y ausencia de terapia hemodialítica. La interpretación de la calorimetría indirecta depende de todos los factores mencionados anteriormente, requiriendo que el cociente respiratorio obtenido se encuentre dentro del rango fisiológico calculado que está entre 0.63 a 1.3. Una vez que la validación de la prueba es fidedigna, el gasto energético total se puede calcular adicionándole un 10% a la medida del gasto energético basal. En pacientes en quienes se realiza desbridamiento de heridas u otro procedimiento de alto estrés, un 15% se debe adicionar a la medida energética del gasto basal. La repetición de la calorimetría indirecta se debe obtener cuando hay un cambio el estado clínico (estado hemodinámico, fiebre y estado posoperatorio, entre otros) (Espinosa, 2012).

Las pruebas se pueden clasificar de acuerdo a la manera de conocer el valor del consumo de oxígeno, de forma directa o indirecta (Segovia, López & Legido, 2008). De forma directa, se basan en la medición de los residuos químicos resultantes del gasto energético, generalmente son procedimientos de laboratorio con un alto nivel de confiabilidad, mediante los niveles de lactato en sangre, por ergoespirometría (Fletcher, 2001) o por niveles de urea en orina. Según el medio que se utilicen los test se pueden clasificar en cicloergómetro, banda si fin o cinta rodante y pruebas en escalón (McArdle et al. 2004). De estos últimos, se conocen múltiples pruebas como el test de Harvard, el Queens College, el test de tres minutos, entre otros, que permiten valorar la capacidad aeróbica mediante la estimación del consumo máximo de oxígeno (Hernández, 2010).

Tabla 7

Parámetros de evaluación

Parámetros	Variables
Ventilatorios	Ventilación (VE) Producción de CO ₂ (VCO ₂) Equivalentes ventilatorios para el oxígeno y el dióxido de carbono (VE/VO ₂ y VE/VCO ₂) Pulso de oxígeno (VO ₂ /FC) Cociente respiratorio (VCO ₂ /VO ₂) Relación Vd/Vt Umbral anaeróbico

	Consumo de oxígeno (VO ₂)
Cardiacos	Frecuencia Cardíaca Tensión Arterial Electrocardiografía de esfuerzo
Metabólicos	Concentración de lactato sanguíneo

Fuente: (Hernández, 2010)

Otra herramienta evaluativa son los gases arteriales y/o arteriovenosos, mediante los cuales se pueden identificar desequilibrios ácido-básicos.

Tabla 8

Valores normales en Bogotá

p.H	7,43±0.02(7,39-7,47)			Hombres
PaCO2	33,5±2,6(28,3-38,7)			
HCO3	21,9±1,4(19,1-24,7)			
PaO2	67,3±4,3	66,2±4,9	63,3±4,7	
P(A-a)O2	8,7±4,5	10,2±4,7	12,2±4,8	
SaO2	93,3±1,3	92,9±1,6	91,7±2,0	
Ph	7,43±0.02(7,39-7,47)			Mujeres
PaCO2	31,1±2,4(26,3-35,9)		34,6±2,6 (29,4-39,8)	
HCO3	34,6±2,6 (29,4-39,8)		22,6±1,5 (19,6-25,6)	
Pao2	68,5±4,7	64,6±4,8	60,1±5,5	
D(A-a)O2	9,9±4,6	12,1±4,5	15,2±4,8	
Sao2	93,7±1,5	92±1,8	90,1±2,9	
Edad, años	18-39	40-59	>60	

Fuente: (Maldonado et al., 2013)

2.6.1.2 Estimación indirecta de la FC máx. a través de fórmula: La frecuencia cardiaca máxima (FCM) es uno de los valores más comúnmente usados en medicina clínica, esta también se usa para también se utiliza ampliamente como criterio para lograr el esfuerzo máximo en la determinación de la capacidad aeróbica máxima.

El método más utilizado habitualmente para la estimación de la FC son las fórmulas indirectas. avalada por estudios científicos que demuestra su validez, reproducibilidad y confiabilidad (Aleman et al., 2014).

Tanaka et al., (2001); propone una fórmula que es recomendada para el trabajo de personas mayores, ya que sus autores consideran que la fórmula FC máx. infravalora las pulsaciones reales en estas edades. **FC máx. (estimada) = 208 – (0,7*edad)**

2.6.1.3 Escala de Borg o de percepción subjetiva del esfuerzo:

La prescripción del ejercicio también se puede hacer utilizando las escalas de percepción subjetiva de la intensidad del esfuerzo (RPE) de Borg. Los valores de la escala original (de 6 a 20) se incrementan linealmente al aumentar la intensidad del ejercicio, correlacionándose estrechamente con aquellos parámetros fisiológicos que siguen un patrón lineal de incremento como son: la FC con la carga de trabajo, la concentración de lactato con la ventilación pulmonar y el VO2máx. La nueva escala (de 0 a 10) se adapta mejor a los cambios en la concentración de lactato sanguíneo, equivalente ventilatorio para el oxígeno y los cambios hormonales (Aleman et al., 2014).

Tabla 9

Escala de Borg del esfuerzo percibido

PUNTUACIÓN	ESCALA DE BORG (C) – 10 PUNTOS
0	Ningun esfuerzo en absoluto
0.5	Muy, muy débil
1	Muy débil
2	Débil (leve)
3	Moderado
4	un poco fuerte
5	fuerte (pesado)
6	fuerte (pesado)
7	Muy fuerte
8	Muy fuerte
9	Muy fuerte
10	Muy, muy fuerte

Fuente: (Aleman et al., 2014)

El esfuerzo percibido como intenso puntúa entre 12 y 13 de la escala y se corresponde aproximadamente con un 60% de la FCmax, mientras que el ejercicio percibido como muy

intenso puntúa entre 14 al 15 y se correlaciona con un 85% de la FCmax. En consecuencia, la mayor parte de las personas sanas deben realizar el ejercicio dentro de un rango de valores comprendido entre 12 y 16, que equivale a valores entre 4 y 6 de la escala proporcional de 10 puntos (Alemán et al, 2014).

El ACSM recomienda el uso de las escalas de RPE como un complemento a la monitorización de la frecuencia cardiaca, ya que el RPE determinado durante una prueba de esfuerzo, puede no corresponder directamente a la intensidad del ejercicio durante la misma. Por tanto, la intensidad de entrenamiento puede monitorizarse con la FC mejor que con la percepción subjetiva de la intensidad. De cualquier modo, se ha probado que es una ayuda válida como indicador de la intensidad de un ejercicio, incluso en natación, sobre todo en casos donde la respuesta de la FC al ejercicio puede verse alterada por medicamentos. (Alemán et al, 2014).

Gunnar Borg, fisiólogo sueco creó una primera tabla para valorar sensaciones en 1973, que es la versión clásica basada en una escala de 0 a 20. Posteriormente, en 1982 la modificó para una escala de 0 a 10 para que fuese más práctica, la cual es la utilizada (Barbado y Barranco, 2007).

Capítulo 3: Marco Metodológico

3.1 Tipo de Estudio

El presente estudio es de tipo descriptivo, cualitativo.

Un estudio descriptivo puede estar basado en la observación de un escenario social en el que el investigador adopta el rol de observador o de participante. En cualquiera de los casos los datos y los hallazgos descriptivos se presentan como una narración en la que el investigador cuenta lo que vio (observador) o lo que hizo y vio (participante), apoyado, claro está, en notas de campo y en testimonios de los participantes. La narración, en este caso, es una construcción del investigador. Un estudio cualitativo se entiende creíble (credibilidad) cuando es fiable (replicabilidad) y válido (exactitud). La fiabilidad de una investigación cualitativa depende de la solución de sus problemas de diseño internos y externos (Toro, 2003).

Para clasificar la evidencia de los artículos, se tuvo en cuenta el “Centre for Evidence-Based Medicine, **Oxford** (OCEBM)” Esta propuesta se caracteriza por valorar la evidencia según el área temática o escenario clínico y el tipo de estudio que involucra al problema clínico en cuestión. Lo anterior es una innovación y es complementaria a lo expuesto por las otras iniciativas. Esta, tiene la ventaja que gradúa la evidencia de acuerdo al mejor diseño para cada escenario clínico, otorgándole intencionalidad, agregando las RS en los distintos ámbitos. Así, por ejemplo, al tratarse de un escenario clínico relacionado con pronóstico de un evento de interés, la evidencia será valorada a partir de una RS de estudios de cohortes con homogeneidad, o en su defecto de estudios de cohortes individuales con un seguimiento superior al 80% de la cohorte; en cambio, si el escenario se refiere a terapia o tratamiento, la evidencia se valorará principalmente a partir de RS de EC, o en su defecto de EC individuales con intervalos de confianza estrecho (Manterola D y Zavando M, 2009).

Esta clasificación tiene la ventaja que asegura el conocimiento más atinente a cada escenario, por su alto grado de especialización. Además, tiene la prerrogativa de aclarar cómo afecta la falta de rigurosidad metodológica al diseño de los estudios, disminuyendo su valoración no sólo en la gradación de la evidencia, sino que también en la fuerza de las recomendaciones (Manterola D y Zavando M, 2009).

Anexo 3. Se incluye como anexo la escala completa de Oxford (Oxford Centre for Evidence-Based Medicine 2011 Levels of Evidence).

Para la presente investigación se realiza una búsqueda en las bases de datos, en revistas indexadas y los criterios de inclusión y exclusión de la muestra documental se describen a continuación.

3.2 Población y muestra:

- Criterios de tipificación de la población.

Criterios de Inclusión:

- ✓ Estudios descriptivos, analíticos, experimentales, revisiones sistemáticas, meta-análisis, fuentes primarias y secundarias.
- ✓ Inicialmente se estableció una ventana del tiempo de 6 años (2010 al año 2016), pero al realizar la búsqueda se excluyen varios artículos que no aportaban o no tenían relación con el objeto de estudio de la investigación, por lo que se decidió ampliar la ventana de búsqueda a 15 años (2001 – 2016)
- ✓ Palabras clave: UCI (unidad de cuidado crítico, intensivo), signos vitales, capacidad aeróbica, ventilación mecánica invasiva, paciente crítico.
- ✓ Documentos encontrados en los idiomas español, inglés y portugués.

Criterios de Exclusión:

- ✓ Estudios encontrados enfocados exclusivamente de la capacidad aeróbica en población no adulta
- ✓ Estudios que hacían referencia más a intervención en la capacidad aeróbica que a evaluación.
- ✓ Bibliografía con débil calidad de información. Esta calidad incluye que debían reportar autor (es), metodología utilizada, descripción de la población a estudio y muestra, resultados y discusión, declaración de conflicto de intereses y referencias actualizadas.

3.3 Procedimiento:

Para esta investigación se tuvo en cuenta los siguientes pasos:

- Búsqueda bibliográfica de forma retrospectiva en las bases de datos seleccionadas cumpliendo con los criterios de selección, se tuvo presente la terminología en Mesh, Desc y las palabras claves.
- Organización de la información en las categorías de análisis determinadas, relacionadas con la capacidad aeróbica y la ventilación mecánica.
- Análisis de la bibliografía y hallazgos encontrados.
- Descripción y discusión de la información.

La investigación se divide en 9 fases, las cuales se mencionan a continuación

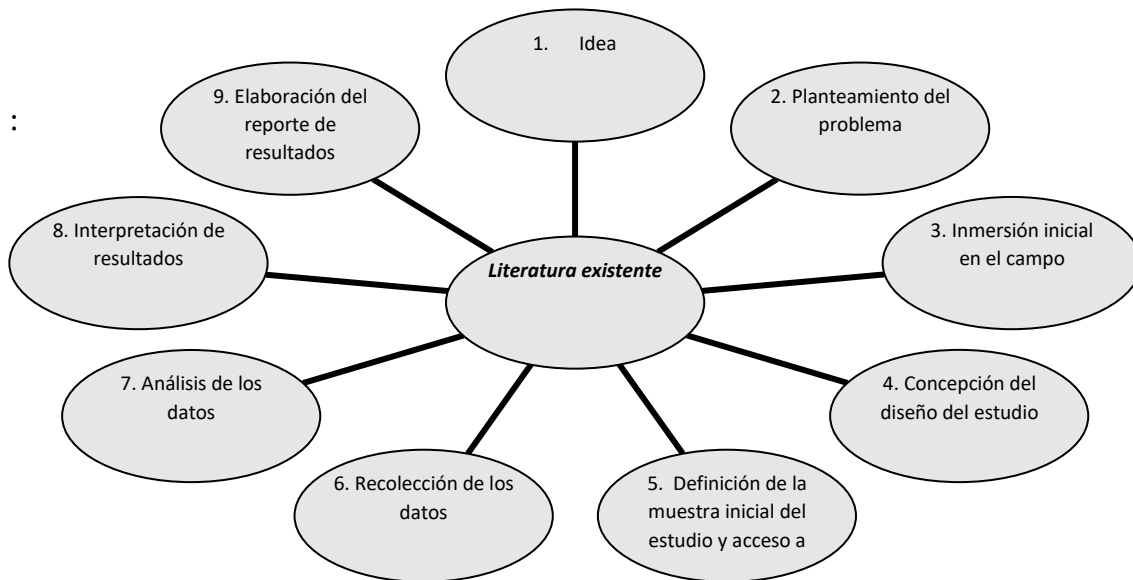


Figura 3: Fases de la investigación (realizado por los autores del presente documento)

3.4 Técnicas para la recolección de la información:

- **Técnica:** La cual se basa en un análisis de contenido donde se tiene en cuenta la categorización de la información obtenida de los artículos encontrados. Priorizando aquellas de mayor importancia de acuerdo con los objetivos planteados.

- **Instrumento:** Se diseña una matriz con datos relevantes de la bibliografía seleccionada, incluyendo la base de datos, nombre del artículo, el país/continente, año de publicación y el objetivo o énfasis del estudio; aportes a la investigación (Anexo 4). Finalmente se diseña el protocolo para la evaluación de la capacidad aeróbica en paciente adulto con ventilación mecánica invasiva (Anexo 1), el cual consta de anamnesis y herramientas o ítems de acuerdo a los lineamientos recomendados en la evidencia, adicionalmente se incluye un flujograma el cual ayuda a definir de una manera más sencillas si es factible o no aplicar el protocolo (Anexo 2).

Tabla 10

Bases de datos usando los siguientes descriptores (términos Mesh) en inglés y español

Descriptor (Inglés)	Descriptor (Español)	Sinónimos
aerobic capacity	Capacidad aeróbica	Respuesta del ejercicio
intensive care	Cuidado intensivo – critico	
Mechanical ventilation	Ventilación mecánica	
critical patient	Paciente critico	Evaluación del paciente en unidad de cuidado intensivo
critical care	Cuidado critico	Evaluación capacidad aeróbica en unidad de cuidado intensivo

Fuente: tabla realizada por los autores del presente documento

Se buscó una variedad de tipos de estudios, de los cuales se realizó una matriz de 60 artículos que incluyeron: Estudios de Prevalencia, Casos y Controles, Cohortes, Revisiones Sistemáticas y Meta-análisis, Guías de Práctica Clínica (GPC) y artículos de Revisión de la literatura, para tener una visión del tema en investigación.

3.5 Desarrollo del proyecto

Momento 1: Proceso para la identificación de la realidad, en este caso, se busca establecer las variables fisiológicas que se modifican como respuesta de los sistemas cardiovascular, pulmonar y metabólico, los cuales permiten medir la capacidad aeróbica en pacientes adultos en ventilación mecánica invasiva. Posteriormente se deben documentar, para lo cual, es necesario recopilar, analizar y sintetizar de manera coherente cada concepto o variable asociada a la

condición clínica (deficiencia en la capacidad aeróbica) de individuos con características similares críticas, con el fin de soportar el segundo momento.

Momento 2: Diseño de la propuesta evaluación (protocolo), el cual permitirá evaluar la capacidad aeróbica en paciente adulto con ventilación mecánica invasiva, y así mismo reconocer las características fisiológicas que impactan en la capacidad aeróbica de los pacientes, con este protocolo se incluye un flujograma que permite definir si es factible o no aplicar el protocolo.

Capítulo 4: Análisis de Resultados

4.1. Resultados, impacto y productos esperados

Para el desarrollo de la investigación, se llevó a cabo una búsqueda de la literatura en las siguientes bases de datos: Pubmed, Medline, Ebsco, Science direct, Proquest, Embase y Redalyc en donde se encontraron 70 artículos relevantes que contienen las siguientes características: los pacientes en quienes se realizaron los estudios fueron adultos, algunos se encontraban hospitalizados, otros eran sanos pero en riesgo y otros se encontraban con una patología crítica que los llevo a una estancia en UCI, de estos pacientes algunos se encontraban con ventilación mecánica invasiva. De los artículos revisados (25) fueron realizados en Colombia, (15) en España, (3) en Brasil, (3) en EEUU, (4) en Francia, (2) en Chile, (5) en Argentina, (5) en salvador, (1) en Cuba, (3) en México, (4) en Ecuador, (1) y (2) en Perú.

Dicha búsqueda permitió analizar la respuesta del paciente crítico en relación a la demanda de oxígeno, y a su vez, aportó herramientas para crear un protocolo que incluye aspectos directos e indirectos para la evaluación de la capacidad aeróbica en pacientes adultos expuestos a la ventilación mecánica invasiva, en este sentido el diseño del protocolo busca determinar los elementos necesarios para estimar la capacidad aeróbica de los pacientes críticamente enfermos que se encuentran bajo ventilación mecánica invasiva, con la intención de realizar una validación externa, que en el futuro permita replicar los resultados encontrados.

La revisión en la literatura corrobora que, a pesar de los avances tecnológicos y estudios interdisciplinarios en cuidado crítico, se requiere definir varios aspectos de evaluación, que están limitados por la misma condición de los pacientes.

4.2. Presentación de resultados

Se consultan 70 artículos y de acuerdo a ello, se obtienen los siguientes hallazgos:

Tabla 11

Clasificación de artículos por base de datos

BASE DE DATOS	CANTIDAD
• Medline	16
• Base de datos EBSCO	9
• Pubmed	13
• SciELO.	15
• Red Informática de Medicina Avanzada RIMA.	7
• ScienceDirect.	4
• ProQuest.	1
• EMBASE.	4
• Redalyc	1

Tabla 12

Clasificación según años de publicación

AÑOS	CANTIDAD
2001	2
2002	1
2003	1
2004	1
2005	2
2006	6
2007	6
2008	6

2009	1
2010	5
2011	10
2012	4
2013	8
2014	7
2015	5
2016	5
Total	70

Tabla 13

Clasificación según tipo de estudio

SEGÚN TIPO DE ESTUDIO	CANTIDAD
Metaanálisis	2
Descriptivo	13
Cualitativo	2
Analítico - Retrospectivo	4
Revisión de tema	21
Ensayo control	6
Experimental	2
Revisión sistemática	5
Observación	4
Revisión prospectivo	7
Investigativo	1
Ensayo clínico aleatorio	1
Cuasi experimental	2
TOTAL	70

Tabla 14

Clasificación según nivel de evidencia y grado de recomendación

SEGÚN NIVEL DE EVIDENCIA	CANTIDAD
1 ^a	25
1C	2
2 ^a	10
2B	8
3 ^a	10
3B	15
TOTAL	70

Por otra parte, se especifica la siguiente información:

- Del total de artículos identificados como potenciales inicialmente, se excluyeron 9 que corresponden al 11% (ya que no tienen relación con el tema). Dando como potenciales 70 artículos.
- De los 70 artículos analizados el 27% corresponde a 19 artículos que proporcionan datos sobre evaluación.
- El 38% de los artículos fundamentan el impacto de la ventilación mecánica y la capacidad aeróbica.

4.2.1. Interpretación de los resultados

De acuerdo a lo reportado anteriormente, se puede interpretar:

- El 40% de los artículos potenciales aportan información que da respuesta al primer objetivo de la investigación. De los cuales 25 poseen un grado de recomendación A y de evidencia 1.
- El 70% de los artículos dan respuesta a dos de los tres objetivos específicos del estudio.
- El 60% de los artículos, documentados cumple con los objetivos de investigación.

Triangulación de Variables:

La triangulación es un procedimiento de control implementado para garantizar la confiabilidad entre los resultados de cualquier investigación. Los resultados que han sido objeto de estrategias de triangulación pueden mostrar más fuerza en su interpretación y construcción que otros que han estado sometidos a un único método (Donolo, 2009).

- **Categoría 1:** Gases arteriovenosos vs evaluación de la capacidad aeróbica:

La mayoría de los autores definen la capacidad aeróbica como la capacidad de realizar un trabajo en determinado tiempo sin llegar a la fatiga.

Como lo afirma Hernández, (2010) la evaluación de la capacidad aeróbica puede hacerse por seguimiento de otros parámetros ventilatorios, cardiovasculares y metabólicos, en este mismo artículo se presenta una revisión general de los métodos de evaluación de la capacidad aeróbica, haciendo especial énfasis en aquellos que consideran el consumo de oxígeno como parámetro evaluativo principal.

La evidencia científica actual soporta la diversidad de los test para valorar esta cualidad física básica, la capacidad aeróbica o aptitud cardiorrespiratoria (American College of Sports Medicine [ACSM], 2009), considerada base de la condición o aptitud física. En múltiples escenarios y ámbitos se ha convertido en una necesidad imperiosa reconocer el papel de dichas pruebas para identificar las condiciones actuales y reales de los usuarios y poblaciones, a fin de establecer unas metas, objetivos y estrategias de intervención acordes a sus características particulares (Hernández, 2010).

La interpretación del examen de gases en sangre arterial en clínica generalmente incluye los siguientes puntos: a. Determinación de la oxigenación mediante el conocimiento de la FiO_2 , la PaO_2 y su relación (análisis de la oxigenación). b. Valoración de la ventilación alveolar a través de la $PaCO_2$ (análisis de la ventilación). c. Análisis ácido-básico. d. Análisis de la perfusión periférica. e. Análisis del componente cardiovascular (Silva, s.f. p. 108).

- **Categoría 2:** Capacidad aeróbica vs Consumo máximo de oxígeno:

Según Martínez (2002), la capacidad aeróbica es la facultad del corazón y del sistema vascular para transportar cantidades adecuadas de oxígeno a los músculos que trabajan,

permitiendo las actividades que implican a grandes masas musculares durante períodos prolongados de tiempo. Dicha capacidad está directamente relacionada con el consumo máximo de oxígeno (VO₂ max) entendido como la medida, traducida en capacidad, de aportar, transportar e intercambiar oxígeno, a través del sistema cardiocirculatorio, durante un período de máximo esfuerzo. El VO₂ max ha sido considerado como el “gold standard” en la medición de la aptitud cardiorrespiratoria (Fardy & Yanowitz, 1995). También se puede definir como la mayor cantidad de oxígeno que un individuo puede utilizar durante un trabajo físico respirando aire atmosférico. Esta interacción de los sistemas fue descrita por Wasserman et al., (1967) como la interacción de las funciones metabólicas, circulatorias y ventilatorias y de los mecanismos fisiológicos subyacentes involucrados en la producción de energía durante la realización de un trabajo o ejercicio físico (Hernández, 2010).

Para la valoración de la capacidad aeróbica existen innumerables pruebas que buscan medir o estimar el consumo de oxígeno máximo, como el parámetro más válido para identificar y analizar la eficiencia con la que trabaja el sistema cardiopulmonar (ACSM, 2009; Heyward, 2008; López & Fernández, 2006).

- **Categoría 3:** Signos vitales vs Capacidad aeróbica:

El ejercicio físico produce una adaptación de la función cardíaca, aumenta la potencia aeróbica (disminuye la frecuencia cardíaca de reposo y submáximas, aumenta el volumen de expulsión y el gasto cardíaco, mejora la extracción de oxígeno por los tejidos y reduce la presión arterial en reposo y esfuerzo (Hernández, 2010).

Chicharro (2006), afirma que el gasto cardíaco aumenta durante la actividad física, ya que los dos factores de los que depende, la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico, se incrementan durante el ejercicio. Este incremento del gasto cardíaco es directamente proporcional a la intensidad del ejercicio hasta un 60-70% del consumo máximo de oxígeno (VO₂máx), intensidad a partir de la cual la linealidad se pierde y tiende a estabilizarse en sus parámetros máximos a una carga de trabajo próxima al 90% de la potencia aeróbica máxima. En esfuerzos de alta intensidad, el gasto cardíaco tiende a disminuir por la taquicardia excesiva, que disminuye el llenado diastólico y en definitiva el volumen sistólico.

El gasto cardíaco se considera uno de los limitantes de la máxima potencia aeróbica en un individuo. Los sujetos entrenados pueden llegar a alcanzar gastos cardíacos superiores a 30-35 l/min en ejercicio máximo, mientras que los individuos sedentarios de la misma edad (varones jóvenes) alcanzan valores de alrededor de 20 l/min. La respuesta cardíaca al esfuerzo es compleja y requiere la interacción de la precarga, la frecuencia cardíaca, la poscarga y la contractilidad (Chicharro, 2006).

La frecuencia cardíaca depende principalmente de la influencia del sistema neurovegetativo sobre la actividad intrínseca de las células marcapasos. Durante un ejercicio de ligero a moderado en posición supina el aumento del gasto cardíaco se realiza básicamente a expensas de la frecuencia cardíaca, que aumenta linealmente, pues el volumen de eyección se mantiene prácticamente constante en la mayoría de las personas. La frecuencia cardíaca, pues, es el factor más importante en el aumento del gasto cardíaco durante el ejercicio (Chicharro, 2006).

La tensión arterial sistólica y diastólica presentan diferentes respuestas durante el ejercicio, variando en función del tipo de contracciones realizadas (especialmente diferenciamos los ejercicios de resistencia o dinámicos y los ejercicios de fuerza o estáticos). En general, podemos afirmar que la tensión arterial sistólica, que depende fundamentalmente del gasto cardíaco, aumenta siempre que se realiza actividad física, independientemente del tipo de ejercicio. Sin embargo, la tensión arterial diastólica, cuyo principal determinante es la resistencia del árbol vascular periférico, apenas se modifica con el ejercicio de resistencia aeróbica, pero se eleva con los ejercicios estáticos (Chicharro, 2006).

4.3 Operacionalización de Variables

Tabla 12

Operacionalización de Variables

Variable	Definición de variables	Tipo de variable	Indicadores	Unidad de medida
Signos vitales	Para Villegas et al. (2012), los signos vitales ayudan a determinar las condiciones hemodinámicas de los pacientes			

Frecuencia Cardíaca (FC)		Cuantitativa discontinua	Taquicardia Bradicardia Normal	Latidos por minuto (lpm)
Tensión Arterial (T/A)		Cuantitativa discontinua	Hipertensión Hipotensión Normal	mmHg
Frecuencia Respiratoria (FR)		Cuantitativa discontinua	Taquipnea Bradipnea Eupnea	Respiraciones por minuto (rpm)
Escala del esfuerzo percibido de Borg	Es una forma subjetiva de controlar el nivel de exigencia de la carga de entrenamiento.	Cualitativa ordinal	Leve Moderado Severo	Escala de medición (Borg)
Gases arteriales	Determinan el equilibrio acido-base	Cuantitativa continua	Toma de muestra	Toma de gases arterio venosos.
Presión arterial de oxígeno (PaO2)		Cuantitativa continua		Comparativos
Saturación de Oxígeno (SaO2)		Cuantitativa discontinua	Normal Desaturación	%

Fuente: tabla realizada por los autores de este documento

4.4 Propuesta de protocolo de evaluación de la capacidad aeróbica

El protocolo que se encuentra en anexo 1, está dirigido a pacientes adultos con ventilación mecánica invasiva, según los criterios de los investigadores se establece que dicho protocolo sea aplicado en las diferentes unidades de cuidado intensivo por fisioterapeutas con entrenamiento y conocimiento del mismo y/o especialistas en cuidado crítico. Con base a lo encontrado, la propuesta para aplicar el protocolo en cada paciente tiene en cuenta:

✓ **Criterios de inclusión:**

- Paciente en una unidad de cuidado intensivo adultos con ventilación mecánica invasiva durante más de 24 horas.
- Paciente Adulto (mayor de 18 años y menor de 60 años).

- Pacientes en fase Flow o hiperdinámica.
- Pacientes con soporte nutricional (oral, enteral, parenteral).
- Paciente que obedece ordenes, colaborador.
- Glasgow por encima de 11/15
- Pacientes con ventilación mecánica invasiva que cumplan con los siguientes parámetros (Peep <10 cmsH₂O, PS <12 cmsH₂O, Fio₂ <50%)

✓ **Criterios de exclusión:**

- Pacientes en fase Ebb o hipodinámica
- Pacientes con sedación profunda (Rass < -2)
- Pacientes con umbral de dolor >8
- Pacientes en neuroprotección.
- Pacientes con contraindicaciones para la movilidad (fracturas recientes de pelvis y/o columna, quemaduras por encima del 25% de la superficie corporal).
- Pacientes menores de 18 años y mayores de 60 años.
- Pacientes con Hiperlactatemia (lactato >2.0 mmol/l)
- Pacientes con glucométricas fluctuantes (<110 y >180 mg/dl)
- Pacientes con beta bloqueadores, betametildigoxina, digoxina, dexmedetomidina, calcioantagonistas no dihidropiridínicos y anti arrítmicos
- Pacientes con inotropia alta (noradrenalina >0.1 Pg/kg/min, vasopresina >2 unidades/hora, epinefrina >0.1 Pg/kg/min, dobutamina >5 Pg/kg/min, levosimendán >0,1 Pg/kg/min, dopamina > 5 Pg/kg/min)

Discusión

La capacidad aeróbica ha sido un tema de estudio muy explorado en múltiples investigaciones y áreas de la ciencia, con diversas poblaciones a nivel mundial pero siempre han prevalecido dichos estudios en sujetos sanos, deportistas, sedentarios o pacientes con patologías respiratorias y cardiacas; En el ámbito clínico es de gran importancia evaluar la aptitud física de los pacientes y esta deriva una categoría imprescindible como la capacidad aeróbica.

En la unidad de cuidado crítico a través de la historia se ha trabajado la capacidad aeróbica de manera empírica solo controlando variables hemodinámicas como la frecuencia cardiaca, tensión arterial y saturación de oxígeno, todas estas en niveles muy cercanos a los basales ya que no se tiene un diagnóstico objetivo en el consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx) del paciente y cualquier cambio postural o una exigencia física leve se ve reflejada significativamente en las variables anteriormente mencionadas y en últimas puede comprometer la estabilidad hemodinámica del paciente. Es probable que el manejo actual se derive de la pobre evidencia científica que existe en la actualidad acerca de la evaluación y posterior manejo de la capacidad aeróbica específicamente en el paciente con ventilación mecánica invasiva. En la revisión bibliográfica realizada en el presente estudio, los diferentes artículos que evalúan la capacidad aeróbica en una unidad de cuidado crítico son realizados en poblaciones o países con características antropométricas diferentes a la colombiana, lo que hace aún más indispensable desarrollar y aplicar este protocolo sobre nuestra población.

El seguimiento hemodinámico como respuesta directamente relacionada a un estímulo físico del paciente en unidad de cuidado crítico es clínicamente discutible, ya que el paciente muy probablemente está sometido a diferentes medicamentos con soporte vasopresor, cronotrópicos positivos o negativos, inotrópicos, sedantes y relajantes, los cuales alteran de manera significativa las variables hemodinámicas. Esto dificulta la realización de estudios de la capacidad aeróbica en esta población y hace complejo el análisis de los datos para determinar de manera objetiva si los cambios son influenciados o atribuibles a la demanda física del estímulo para evaluar la capacidad aeróbica, por la inestabilidad hemodinámica, o por los medicamentos que modifican las variables hemodinámicas.

Conclusiones

La capacidad aeróbica es un atributo fisiológico del ser humano que juega un papel muy importante para la funcionalidad corporal, permite la ejecución de actividades o trabajos sin llegar a la fatiga, mide el rendimiento físico y el funcionamiento de los diferentes sistemas, está determinada por varios factores, unos directos como: el consumo de oxígeno, gasto cardíaco, hidratación, umbral del lactato, genética, etc y otros indirectos como el desacondicionamiento físico, la edad, la desnutrición, entre otros, que inciden en los resultados obtenidos en la evaluación de la capacidad aeróbica.

Mediante la búsqueda bibliográfica se confirma que en Colombia y Latinoamérica no existen estudios de alta evidencia científica que evalúen la capacidad aeróbica en pacientes que se encuentran en cuidado crítico con ventilación mecánica invasiva, lo que genera mayores incentivos para seguir desarrollando investigaciones que permitan dar a conocer más el posicionamiento y el rol del fisioterapeuta.

Se requiere seguir investigando en la evaluación de la capacidad aeróbica, ya que como se menciona en el presente trabajo, el paciente en cuidado crítico presenta diferentes alteraciones a nivel fisiológico, las cuales son posibles intervenir desde el área de la fisioterapia.

El presente estudio aporta tanto al proceso investigativo como al crecimiento y la formación de fisioterapeutas especialistas en cuidado crítico, por medio de la elaboración del protocolo con recomendaciones científicas que establece variables o criterios para la evaluación de la capacidad aeróbica en pacientes adultos sometidos a ventilación mecánica invasiva, permitiendo un mayor avance en las competencias laborales y de esta manera seguir posicionando la profesión específicamente desde el área del cuidado crítico.

Referencias

1. Alemán, J. A., de Baranda Andujar, P. S., & Ortín, E. J. O. (2014). Guía para la prescripción de ejercicio físico en pacientes con riesgo cardiovascular. SEH-LELHA.
2. Apráez, J. I. L. (2014). Interpretación de los gases arteriales en Bogotá (2.640 msnm) basada en el nomograma de Siggaard-Andersen. Una propuesta para facilitar y unificar la lectura. *Revista Colombiana de Neumología*, 26(1).
3. Apta. (2014). American Physical Therapy Association.
4. Aristizábal, R. E., Martínez, J. W., Montoya, M., Barbosa, O., Calvo, L. F., Valencia, L. A., & Hincapié, V. (2012). Relación del aporte de oxígeno y la supervivencia del paciente con shock en UCI. *Investigaciones Andina*, 14(25), 588-600.
5. Bañeras Rius, J. (2015). Actualización en el manejo de fármacos vasoactivos en insuficiencia cardíaca aguda y shock cardiogénico y mixto. *Revista Española De Cardiología Suplementos*, 15, 8-14.
6. Barbado, C., & Barranco, D. (2007). Manual avanzado de ciclo indoor. Barcelona: Paidotribo.
7. Barrantes-Morales, F., Campos-Vargas, C., Argüello-Quirós, M. F., & Salas-Segura, D. A. (2016). Sobrevida a los 28 días y condición mental y física de los pacientes egresados de una Unidad de Cuidados Intensivos de tercer nivel. *Acta Médica Costarricense*, 58(1).
8. Bermúdez-Rengifo, W. A., & Fonseca-Ruiz, N. J. (2016). Utilidad del lactato en el paciente críticamente enfermo. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*, 16(2), 80-89.
9. Bustamante, G., & Cuba Pardo, G. (2013). Electrolitos. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 39, 2017.
10. Cáceres, P., Galeano, Y. D., Gómez, J. M., & León, J. R. (2009). Diseño y construcción de una guía fisioterapéutica para la prescripción del ejercicio basada en parámetros nutricionales de pacientes adultos en Unidad de Cuidados intensivos. *Revista Movimiento Científico*, 3(1), 8-18.
11. Cáceres, P., Gélvez, A. F. A., Ramírez, A. M. P., Jiménez, C. Q., & Castañeda, G. R. (2008). Parámetros nutricionales para la prescripción del ejercicio en el paciente adulto de la unidad de cuidado intensivo. *Revista Movimiento Científico*.

12. Calderón, J. L. M., Pérez, J. V., Guadaño, F. B., Mateo, P. D. L. F., & Ramos, F. S. (2014). Valores de referencia en plasma de osmolalidad, electrolitos, calcio, magnesio y urea en una población del centro de España. *Revista del Laboratorio Clínico*, 7(2), 49-54.
13. Caro, M. S. M. (2009). Ventilación mecánica: en la perspectiva de las condiciones críticas de salud. Editorial Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia.
14. Ceballos G.M, de la Cal Ramírez M.A., Fernández-Cañadas J.M. (s.f). Alteraciones de los electrolitos en urgencias. Capítulo 2.
15. Charry-Segura, D., Lozano-Martínez, V., Rodríguez-Herrera, Y., Rodríguez-Medina, C., & Mogollón, P. (2013). Movilización temprana, duración de la ventilación mecánica y estancia en cuidados intensivos. *Revista de la Facultad de Medicina*, 61(4), 373-379.
16. Chicharro, J. L., & Vaquero, A. F. (2006). Fisiología del ejercicio. Ed. Médica Panamericana.
17. Contreras Martos, G. M., Delgado Rodríguez, M., Martínez Villar, J., Parra Mozas, I., Borrego Utiel, F., & Segura Torres, P. (2011). Eficacia de un programa de entrenamiento intradiálisis de fuerza-resistencia en combinación con electroestimulación neuromuscular: mejora en la capacidad funcional, fuerza, y calidad de vida. *Revista de la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica*, 14(2), 112-119.
18. Cortiguera Terán, B. (2014). Movilización precoz en el paciente de cuidados intensivos: una revisión sistemática.
19. Coutinho, W. M., Santos, L. J. D., Fernández, J., Vieira, S. R. R., Forgiarini Junior, L. A., & Días, A. S. (2016). Acute effect of the use of cycle ergometer during physical therapy treatment in mechanically ventilated critically ill patients. *Fisioterapia e Pesquisa*, 23(3), 278-283.
20. Cristancho Gómez, W., & Gómez, W. C. (2008). Fisiología respiratoria. Lo esencial en la práctica clínica (No. Sirsi) a456987).
21. Cubillos, V., Martínez, N. D. B., Nieto, S. P. M., & Morales, Z. J. V. (2008). Miopatía del paciente crítico. *Revista Movimiento Científico*, 2.
22. Domenech, R. J., & Macho, P. (2008). Envejecimiento cardiovascular. *Revista médica de Chile*, 136(12), 1582-1588.
23. Donolo, D. S. (2009). Triangulación: Procedimiento incorporado a nuevas metodologías de investigación.

24. Dueñas, C. C., Marrugo, C. E., Baena, S. E., Rojas, A. M. M., Gonzalez, R. F., Ruiz, G. O., & Mora, M. (2010). Análisis de los gases sanguíneos. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*; 10(3): 202-212.
25. Espinosa, J., Vergara, A., & Landeta, D. (2012). Calorimetría Indirecta versus Harris-Benedict para determinar gasto energético basal en pacientes ventilados. *Colegio Mayor del Rosario*.
26. Frownfelter D., Dean E. (2012) Cardiovascular and pulmonary physical therapy evidence and practice. 4th Edition. Elsevier Health Sciences.
27. Gagliardi, J. A., De Abreu, M., Mariani, J., Silverstein, M. A., De Sagastizábal, D. M., Salzberg, S., ... & Tajar, C. D. (2012). Motivos de ingreso, procedimientos, evolución y terapéuticas al alta de 54.000 pacientes ingresados a unidades de cuidados intensivos cardiovasculares en la Argentina: Seis años del Registro Epi-Cardio. *Revista argentina de cardiología*, 80(6), 446-454.
28. García, X., Mateu, L., Maynar, J., Mercadal, J., Ochagavía, A., & Ferrandiz, A. (2011). Estimación del gasto cardíaco. Utilidad en la práctica clínica. Monitorización disponible invasiva y no invasiva. *Medicina intensiva*, 35(9), 552-561.
29. Giménez, M., López, D., Abril, E., Martín, N., Darías, M., & Gómez, A. (2010). Ventilación dirigida contrastada y entrenamiento muscular aeróbico-anaeróbico mejoran un paciente con EPOC severo por enfisema pulmonar. *Fisioterapia*, 32(5), 236-242.
30. Gutiérrez Muñoz, F. (2011). Ventilación mecánica. *Acta Médica Peruana*, 28(2), 87-104.
31. Guyton, A. C., Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2006). Tratado de fisiología médica. Elsevier Brasil.
32. Hernández, C. A. N. (2010). Evaluación de la aptitud cardiorrespiratoria. *Movimiento Científico*, 4(1), 68-72.
33. Hooper, L., Abdelhamid, A., Ali, A., Bunn, D. K., Jennings, A., John, W. G., ... & Walsh, N. P. (2015). Diagnostic accuracy of calculated serum osmolarity to predict dehydration in older people: adding value to pathology laboratory reports. *BMJ open*, 5(10), e008846.
34. Howell, M., Donnino, M., Clardy, P., Talmor, D., & Shapiro, N. (2007). Occult hypoperfusion and mortality in patients with suspected infection. *Intensive Care Medicine*, 33(11), 1892-1899.

35. Huerta-Torrijos, J., Pardo, R. D. B., & de Jesús Sardiñas, J. (2001). Análisis sistemático del equilibrio ácido-base en formato automatizado. Principios básicos y propuesta. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int*, 15(3), 69-79.
36. Ibarra-Estrada Miguel, A., Jaime, B. R., Erwin, C., & José, R. S. (2010). Debilidad adquirida en la Unidad de Cuidados Intensivos: Polineuropatía y miopatía del paciente en estado crítico. *Revista Mexicana de Neurociencia* Julio-Agosto, 11(4), 289-295.
37. Judge, B. S., & Eisenga, B. H. (2005). Disorders of fuel metabolism: medical complications associated with starvation, eating disorders, dietary fads, and supplements. *Emergency Medicine Clinics*, 23(3), 789-813.
38. Kimberlin, C. L., & Winterstein, A. G. (2008). Validity and reliability of measurement instruments used in research. *Am J Health Syst Pharm*, 65(23), 2276-84.
39. Lao, C. F., Valenza, M. C., Ríos, M. G., & Valenza, G. (2009). Estudio de la disnea según la escala de Borg en un grupo de pacientes diagnosticados de asma bronquial que han seguido y recibido entrenamiento de fisioterapia respiratoria. *Fisioterapia*, 31(1).
40. Lemyze, M., Dharancy, S., Nevière, R., & Wallaert, B. (2011). Cardiopulmonary response to exercise in patients with liver cirrhosis and impaired pulmonary gas exchange. *Respiratory medicine*, 105(10), 1550-1556.
41. Lian, J. X. (2010). The arterial blood gas analysis in action. *Nursing2017 Critical Care*, 5(4), 24-29.
42. León, M., Cervera, J., & Béseler, M. (1995). Efectos del encamamiento prolongado en el sistema cardiovascular. *Rehabilitación*.
43. Londoño, J., León, A. L., Rodríguez, F., Barrera, L., de la Rosa, G., Dennis, R., ... & Ortiz, G. (2013). Lactato sérico en urgencias como factor pronóstico en pacientes con sepsis sin hipotensión. *Medicina Clínica*, 141(6), 246-251.
44. López-Soto, A., Sacanella, E., Castejón, J. M. P., & Nicolás, J. M. (2009). El anciano en la unidad de cuidados intensivos. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 44, 27-33.
45. Lucia, A., Rabadán, M., Hoyos, J., Hernández-Capilla, M., Pérez, M., San Juan, A. F., ... & Chicharro, J. L. (2006). Frequency of the V· O₂max Plateau Phenomenon in World-Class Cyclists. *International journal of sports medicine*, 27(12), 984-992.

46. Maldonado, D., Gonzalez-Garcia, M., Barrero, M., Casas, A., & Torres-Duque, C. A. (2013). Reference values for arterial blood gases at an altitude of 2640 meters. In C76. Exercise, hypoxia and altitude, (pp. A4852-A4852). American Thoracic Society.
47. Manterola D, C., & Zavando M, D. (2009). Cómo interpretar los "Niveles de Evidencia" en los diferentes escenarios clínicos. *Revista Chilena De Cirugía*, 61(6).
48. Marins, J. (2003). Comparación de la frecuencia cardiaca máxima y fórmulas para su predicción [tesis doctoral]. Granada: INEF Universidad de Granada.
49. Marins, J. C. B., Marins, N. M. O., & Fernández, M. D. (2010). Aplicaciones de la frecuencia cardiaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(168), 251-258.
50. Martínez J. (2002). Pruebas de aptitud física. Editorial Paidotribo.
51. Martínez, E. (2010). la capacidad aeróbica. *Educación Física y Deporte*, 7(1-2), 71-77.
52. Mogollón, P. (2008). Estado hipermetabólico y actividad física. Recuperado julio 2 de 2008.
53. Mondragón-Barrera MA. (2013) Condición física y capacidad funcional en el paciente críticamente enfermo: efectos de las modalidades cinéticas. *Rev. CES Med*; 27(1): 53-66
54. Montejo, J., & García de Lorenzo, A. (2004). Nutrición y metabolismo en la sepsis. *Revista electrónica de medicina intensiva*, 2-4
55. Mora, R. J. (2002). Soporte nutricional especial. Ed. Médica Panamericana.
56. Morales M. Munévar, D (2009) Ventilación mecánica: en la perspectiva de las condiciones críticas de salud Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Facultad de Medicina.
57. Nieto-Ríos, J. F., Vega-Miranda, J., & Serna-Higueta, L. M. (2016). Insuficiencia renal aguda inducida por rabdomiolisis. *Iatreia*, 29(2), 157-169.
58. Ochagavía, A., Baigorri, F., Mesquida, J., Ayuela, J., Ferrándiz, A., & García, X. et al. (2014). Monitorización hemodinámica en el paciente crítico. Recomendaciones del Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de la Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias. *Medicina Intensiva*, 38(3), 154-169
59. Padrón, B. (2014) interpretacion y aplicación de tablas de gasto metabolico y Mets

60. Pardo y Pardo. (2001). Síndrome de desacondicionamiento físico en el en estado crítico y su manejo. En: Revista Ac. Col. Médica, 23 (1): 29-34.
61. Pardo, C., Muñoz, T., & Chamorro, C. (2006). Monitorización del dolor: Recomendaciones del grupo de trabajo de analgesia y sedación de la SEMICYUC. Medicina Intensiva, 30(8), 379-385.
62. Parra Díaz, E. K., Buitrago, V., & Estefany, D. (2016). Guía de cuidado interactiva humanizada para la toma de gases arteriales basados en la teoria de Swanson para estudiantes de la facultad de enfermería de la Universidad Nacional de Colombia (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá).
63. Patiño, J.F (2000). Gases sanguíneos, fisiología de la respiración e insuficiencia respiratoria aguda. 6a. edición. Editorial panamericana. Cap. 2.
64. Peláez, S. V. (2010). Fisiopatología de la insuficiencia cardíaca. Sociedad Colombiana de Cardiología-SCC, organizadores. Insuficiencia Cardíaca.
65. Pérez, E. M. C., Quintero, A. G., Chivata, G. P., Rincón, S. I. P., de Paula, L. A. A., & Rojas, Y. L. R. (2014). Alteraciones asociadas al desacondicionamiento físico del paciente crítico en la unidad de cuidado intensivo. Revisión sistemática. Revista Movimiento Científico, 8(1).
66. Portela-Ortíz, J. M. (2007). Aplicaciones clínicas de la saturación venosa mixta y central. Revista Mexicana de Anestesiología, 30(S1), 355-356.
67. Ramírez Medina, S., Gutiérrez Vázquez, I. R., Domínguez Maza, A., & Barba Fuentes, C. (2008). Respuesta metabólica al trauma. Medcrit, 5(4), 130-3.
68. Raurich, J. M., Llompert-Pou, J. A., Ferreruela, M., Riera, M., Homar, J., Marsé, P., & ... Riera, M. (2015). a simplified equation for total energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. Nutrición Hospitalaria, 32(3), 1273-1280.
69. Schmidt, M., Banzett, R. B., Raux, M., Morélot-Panzini, C., Dangers, L., Similowski, T., & Demoule, A. (2014). Unrecognized suffering in the ICU: addressing dyspnea in mechanically ventilated patients. Intensive Care Medicine, 40(1), 1-10
70. Silva, E. V. (s.f). Interpretación de gases arteriales y venosos.
71. Stuart, F. Muñoz, B. (2014) Fisiología Humana 752, Base de datos: Catálogo Bibliotecas Universidad Nacional de Colombia.

72. Suarez, N (2013) determinar las alteraciones asociadas en los diferentes sistemas y los cambios que se generan la inmovilización en cama. Medellín Colombia, revista.ces.edu.co
73. Toro, A. G. (2003). Lectura crítica de un estudio cualitativo descriptivo. Index Enferm., 12, 51-citation_lastpage.
74. Viale, J. Duperret, S.; Branche, P.; Robert, M.-O.; Muller, M.. (2008) Ventilación artificial I: modos de ventilación mecánica. Efectos fisiológicos y fisiopatológicos - Anestesia-Reanimación.
75. Viana, W. O., & Osorio, Ó. H. G. (2014). Sobre la termodinámica de las soluciones electrolíticas. Revista Facultad de Ingeniería, (40), 7-21.
76. Villegas González, Juliana; Villegas Arenas, Oscar Alberto; Villegas González, Valentina; (2012). Semiología de los signos vitales: Una mirada novedosa a un problema vigente. Archivos de Medicina (Col), Julio-diciembre, 221-240
77. Virginia. (2013). Valoración de la mejora de la capacidad aeróbica en sujetos adultos con edades comprendidas entre los 35 y 65 años
78. Wilches E. (2011). Aspectos prácticos de anatomía y fisiología cardiopulmonar. Programa editorial de la Universidad del Valle: Colombia.
79. Wilches, E. C. López, M. E., Arango, G. P., & de Cuidado Intensivo, U. C. I. (2004). Rehabilitación funcional del paciente neurológico en la UCI. Guía Neurológica, 119-
80. Wilmore, J. (2004). Physiology of sport & exercise. 3. ed. 1st ed. Champaign: Human Kinetics.

Anexos

Anexo 1: protocolo

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD AERÓBICA EN EL PACIENTE ADULTO CON VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA EN LA UNIDAD DE CUIDADO INTENSIVO.

1. ANAMNESIS

Fecha de Evaluación:		Fecha de Ingreso:	
Nombres:		Apellidos:	
No de Identificación:		No de Historia Clínica	
Edad:	Sexo:	Ocupación:	
Talla (cms):		Peso Ideal (kg):	
Procedencia		Seguridad Social/EPS:	
Diagnósticos:			
Fecha de ingreso a la UCI:		Días de estancia en la UCI:	
Días en ventilación mecánica:			
Soporte vasopresor o inotrópico:			
Soporte vaso activo:			

Antecedentes Personales

Patológicos	
Quirúrgicos	
Traumáticos	
Psicológicos	
Tóxico-Alérgicos	
Farmacológicos	

Antecedentes Familiares:

Describe:

Hábitos de vida

Fuma	Si	No	Especifique:	
Alcohol	Si	No	Especifique:	
Sustancias psicoactivas	Si	No	Especifique:	
Ejercicio y/o actividad física	Si	No	Especifique:	
Nutrición	Vía Oral		Vía Enteral	Vía Parenteral
				Aporte nutricional (Kcal)

Ayudas Diagnósticas

Tipo de Ayuda Diagnóstica	Hallazgos
Ecocardiograma	
Electrocardiograma	
Radiografías	

1. VALORACIÓN POR SISTEMAS

Sistema Neuromuscular		
Funciones Mentales Superiores		
Escala	Puntuación	Resultados
Escala de sedación de RAS		

Escala de GLASGOW		
Conclusiones:		
Dolor		
Escala para la valoración del dolor Behaviour al Pain Scale (BPS):		
Categorías	Hallazgos	Puntuación
Expresión Facial		
Movimiento de Miembros Superiores		
Adaptación a la Ventilación mecánica		
Conclusiones		

Sistema Cardiovascular-Pulmonar			
Signos Vitales			
Variables		Resultados	Análisis
Frecuencia cardiaca			
Frecuencia respiratoria			
Tensión arterial			
Presión arterial media			
Saturación de O2			
Conclusiones:			
Gases Arteriovenosos			
Gases Arteriales		Gases Venosos	
Variable	Resultado	Variable	Resultado

PH		PH		
PaO2		PvO2		
PaCO2		PvCO2		
SaO2		SvO2		
Otras Variables				
HCO3:		D(a-v):		
PAFI:		RextO2:		
LACTATO:		SHUNT:		
PAO2:		I(A-a):		
BE		Base Exceso:		
CCO2:		CO2 Encontrado:		
CaO2:		CO2 Esperado:		
CvO2:				
Análisis:				
Ventilación Mecánica				
Parámetros	Resultados	Parámetros	Resultados	Observaciones:
Modo		FR		
Vol. Total		Relación I:E		
PEEP		Tiempo Insp.		
FiO2		Vol. Espirado		
P. Pico		Sensibilidad		
P. Plateau		C. Dinámica		
P. Soporte		C. Estática		
Resistencia de la Vía Aérea				
Test de TANAKA				
Evaluación de la Respuesta Cardiorrespiratoria:				
<u>Formula:</u> FC máx. (estimada)		Resultado:	Análisis:	

$= 208 - (0,7 * \text{edad})$			
Escala de BORG			
Consumo kilocalórico o % de trabajo durante la evaluación			
Puntaje	Interpretación:	Análisis	
Sistema Osteomuscular			
Características Antropométricas			
Peso	(Kg)	Análisis:	
Talla	(Cms)		
IMC	(%)		
ICC (Índice de Cintura/cadera)	(Cms)		

Sistema Tegumentario		
Escala de BRADEN (Predicción del riesgo de padecer Úlceras por presión)		
Aspecto	Puntaje	Interpretación
Percepción Sensorial		
Humedad		
Actividad		
Movilidad		
Nutrición		
Fuerzas de Fricción o Cizalla		

INSTRUCTIVO

FORMATO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

Este instrumento está diseñado para evaluar la capacidad aeróbica del paciente adulto, que se encuentra en la unidad de cuidados intensivos (UCI), con ventilación mecánica invasiva, a través de test y escalas de medición, que permitan identificar la condición de salud de cada paciente, la modificación de las variables fisiológicas determinantes de la capacidad aeróbica y sus respectivos cambios hemodinámicos frente a la exposición de situaciones de estrés o realización de esfuerzos con la ejecución de una actividad determinada.

Éste protocolo está dirigido a pacientes con ventilación mecánica invasiva que lleven más de 24 horas bajo ésta condición; en los criterios de los investigadores se establece que su aplicación esté dada por fisioterapeutas entrenados para realizar el mismo y/o con especialización en cuidado crítico.

A continuación, se da a conocer un instructivo que permite establecer la forma correcta del diligenciamiento del formato de valoración de la capacidad aeróbica de los pacientes adultos de la UCI, que se encuentran en ventilación mecánica invasiva.

Antes de la aplicación de éste protocolo se dan a conocer los diferentes criterios de inclusión y exclusión que permiten, establecer quienes pueden ser candidatos y quienes no para la ejecución de dicho protocolo.

✓ **Criterios de inclusión:**

- Paciente en una unidad de cuidado intensivo adultos con ventilación mecánica invasiva durante más de 24 horas.
- Paciente Adulto (mayor de 18 años y menor de 60 años).
- Pacientes en fase Flow o hiperdinámica.
- Pacientes con soporte nutricional (oral, enteral, parenteral).
- Paciente que obedece ordenes, colaborador.
- Glasgow por encima de 11/15

- Pacientes con ventilación mecánica invasiva que cumplan con los siguientes parámetros (Peep <10 cmsH₂O, PS <12 cmsH₂O, Fio₂ <50%)

✓ **Criterios de exclusión:**

- Pacientes en fase Ebb o hipodinámica
- Pacientes con sedación profunda (Rass < -2)
- Pacientes con umbral de dolor >8
- Pacientes en neuroprotección.
- Pacientes con contraindicaciones para la movilidad (fracturas recientes de pelvis y/o columna, quemaduras por encima del 25% de la superficie corporal).
- Pacientes menores de 18 años y mayores de 60 años.
- Pacientes con Hiperlactatemia (lactato >2.0 mmol/l)
- Pacientes con glucométricas fluctuantes (<110 y >180 ml/dl)
- Pacientes con beta bloqueadores, betametildigoxina, digoxina, dexmedetomidina, calcioantagonistas no dihidropiridínicos y anti arrítmicos
- Pacientes con inotropia alta (noradrenalina >0.1 Pg/kg/min, vasopresina >2 unidades/hora, epinefrina >0.1 Pg/kg/min, dobutamina >5 Pg/kg/min, levosimendán >0,1 Pg/kg/min, dopamina > 5 Pg/kg/min)

Diligenciamiento

1. Anamnesis

En el diligenciamiento de la historia clínica se tendrá en cuenta la anamnesis, en la cual se realizará un abordaje a la información básica del paciente, teniendo en cuenta datos como:

- Fecha de evaluación: se registra la fecha, teniendo en cuenta día, mes y año en la que se le realiza la aplicación del protocolo al paciente.
- Fecha de ingreso: se registra la fecha, teniendo en cuenta día, mes y año en la que el paciente ingresa a la institución prestadora de salud.
- Nombres y Apellidos: Corresponde a los nombres completos con sus respectivos apellidos según el documento de identificación del paciente.
- Número de identificación: se anota el número de la cedula de ciudadana, o cedula de extranjería del paciente.
- Número de historia clínica: se escribe el número de identificación del paciente o número de registro de historia clínica según lo maneje la institución prestadora de salud.
- Edad: se registra la edad actual del paciente en años.
- Sexo: se establece el sexo masculino o femenino según corresponda.
- Ocupación: se escribe la actividad laboral u ocupación diaria del paciente.
- Talla: se registra la talla del paciente en centímetros, ya sea la establecida en la cedula o una tomada recientemente.
- Peso ideal: calcular el peso ideal del paciente teniendo en cuenta la talla y el género al que corresponda.
- Procedencia: se registra si el paciente es remitido de otra ciudad o si es de la misma ciudad donde está siendo atendido especificando su nombre.
- Seguridad Social/EPS: se indica el nombre de la empresa prestadora de salud a la que se encuentra vinculado el paciente, ya sea contributiva o subsidiada.
- Diagnósticos: se anotan los respectivos diagnósticos médicos por los cuales se encuentra actualmente hospitalizado el paciente.
- Fecha de ingreso a la UCI: se registra la fecha teniendo en cuenta el día, mes y año en el que el paciente es hospitalizado en la unidad de cuidado intensivo (UCI).
- Días de estancia en UCI: se registra en números los días que han corrido desde que llega el paciente a la unidad de cuidado intensivo hasta el día que es aplicado el protocolo.
- Días en ventilación mecánica: se registra en números los días que han corrido desde que el paciente es conectado a la ventilación mecánica hasta la fecha que está siendo aplicado el protocolo.

- Soporte vasopresor o inotrópico: se indica si el paciente se encuentra medicado con algún vasopresor o inotrópico, en caso de que sí se suspende la aplicación del protocolo.
- Antecedentes personales: se deben registrar todos los antecedentes del paciente respecto a patologías actuales o pasadas, cirugías, traumas, alteraciones psicológicas, tóxicas o alérgicas y farmacológicas.
- Antecedentes familiares: se deben registrar todas las patologías de importancia que presenten o hallan presentado los familiares tanto paternos como maternos del paciente, indicando el parentesco y la patología correspondiente a cada uno.
- Hábitos de vida: se deben marcar con una “X” los hábitos de vida del paciente, si fuma, si bebe alcohol y si se suministra sustancias psicoactivas, especificando en cada una el tipo y la dosificación o frecuencia en las que los utiliza; de la misma manera marcar si el paciente realiza o no ejercicio/actividad física y con qué frecuencia lo hace.
- Nutrición: se debe indicar la vía de nutrición que está utilizando el paciente, ya sea enteral, parenteral u otros, estableciendo las formulas nutricionales establecidas para cada paciente con su respectiva dosificación.
- **Ayudas Diagnósticas:** se indica si el paciente cuenta con ayudas diagnósticas (ecocardiograma, electrocardiograma, radiografías), marcando Si o No, en caso de ser afirmativo se describen las ayudas diagnosticas con las que cuenta y sus respectivos resultados.

2. Evaluación por sistemas

A continuación, se realiza una descripción de la evaluación por sistemas (neuromuscular, cardiovascular, osteomuscular y tegumentario), indicando los diferentes test y medidas, que permiten evaluar las variables fisiológicas que se ven comprometidas en el paciente de la unidad de cuidado intensivo, se describen una a una las variables con su respectiva instrucción de aplicación.

Sistema Neuromuscular.

- **Funciones mentales superiores:** Para objetivar las alteraciones cognitivas encontradas en la historia resulta muy útil una evaluación neuropsicológica. Ésta consiste en la aplicación de una serie de pruebas estructuradas al paciente para determinar cuáles son los dominios cognitivos afectados. Tiene especial valor en el diagnóstico precoz del deterioro cognitivo y en el diagnóstico diferencial. Para esto se deben evaluar todos los lóbulos cerebrales (Cullen B et al, 2007)

- **Escala de sedación de RASS** (Richmond agitation sedation scale): Es una de las escalas de sedación y agitación más utilizadas en las unidades de cuidados intensivos, está validada para la aplicación tanto en pacientes ventilados como en los no ventilados y es la única escala que se ha estudiado específicamente para evaluar los cambios de sedación a lo largo del tiempo. Es de fácil aprendizaje y de rápida aceptabilidad. Es una escala de 10 puntos, muy intuitiva en su descripción, ya que los valores positivos indican agitación y los valores negativos son usados para analizar la sedación (tabla 1). Separa la estimulación física de la verbal y gradúa el nivel según la intensidad del estímulo. El nivel 0 corresponde a un paciente tranquilo y despierto, el nivel +4 a la situación de máxima agitación y el nivel -5 al de mayor depresión del nivel de conciencia. Es la escala que ofrece más información tanto en la fase agitada como en la de sedación. Además, la Richmond agitation sedation scale (RASS) tiene una buena correlación con la aparición de delirio una vez detectada la presencia o ausencia de atención.

Tabla 1.

Escala de sedación: Richmond agitation sedation scale.

+4	Combativo. Ansioso, violento
+3	Muy agitado. Intenta retirarse los catéteres, el tubo orotraqueal, etc.
+2	Agitado. Movimientos frecuentes, lucha con el respirador
+1	Ansioso. Inquieto, pero sin conducta violenta ni movimientos excesivos
0	Alerta y tranquilo
-1	Adormilado. Despierta con la voz, mantiene los ojos abiertos más de 10 segundos
-2	Sedación ligera. Despierta a la voz, no mantiene los ojos abiertos más de 10 segundos
-3	Sedación moderada. Se mueve y abre los ojos a la llamada, no dirige la mirada
-4	Sedación profunda. No responde a la voz, abre los ojos a la estimulación física
-5	Sedación muy profunda. No hay respuesta a la estimulación física

Fuente: Sessler et al., 2002)

- **Escala de Glasgow:** es una de las escalas más utilizadas, que proporciona un método simple y fiable de registro y monitorización del nivel de conciencia en pacientes con traumatismo craneoencefálico.

Se divide en tres grupos puntuables de manera independiente que evalúan la apertura de ojos sobre 4 puntos, la respuesta verbal sobre 5 y la motora sobre 6, siendo la puntuación máxima y normal 15 y la mínima 3. Se considera traumatismo craneoencefálico leve al que presenta un Glasgow de 15 a 13 puntos, moderado de 12 a 9 y grave menor o igual a 8

Tabla 2
Escala de GLASGOW

Respuesta ocular	
Espontánea	4
A estímulos verbales	3
Al dolor	2
Ausencia de respuesta	1
Respuesta verbal	
Orientado	5
Desorientado/confuso	4
Incoherente	3
Sonidos incomprensibles	2
Ausencia de respuesta	1
Respuesta motora	
Obedece ordenes	6
Localiza el dolor	5
Retirada al dolor	4
Flexión anormal	3
Extensión anormal	2
Ausencia de respuesta	1

Puntuación: 15 Normal
< 9 Gravedad
3 Coma profundo

Fuente: (Pérez, 2007)

- **Dolor:** Por la condición y el estado de los pacientes se realiza la valoración del dolor mediante la aplicación de la escala de **Behavioral Pain Scale (BPS)** que incluye 3 items conductuales (expresión facial, movimiento de miembros superiores y adaptación a la ventilación mecánica o vocalización).

Tabla 3
Escala BPS

Escala para la valoración del dolor <i>Behaviour al Pain Scale (BPS)</i>	
Expresión Facial	
Relajado	1
Parcialmente contraída (por ejemplo, fruncir el ceño)	2
Fuertemente Contraída (por ejemplo, ojos cerrados)	3
Mueca de dolor	4
Movimiento de miembros superiores	

Sin movimiento	1
Parcialmente flexionado	2
Fuertemente flexionado con flexión de dedos	3
Permanentemente flexionados	4
Adaptación a la Ventilación Mecánica	
Tolerando Ventilación mecánica	1
Tosiendo, pero tolerando ventilación mecánica la mayoría de tiempo	2
Luchando con el ventilador	3
Imposible de ventilar	4
Ausencia de dolor: 3 puntos	
Máximo dolor: 12 puntos	

Fuente: (Rodríguez, 2016)

Sistema Cardiovascular

- **Signos vitales:** se realiza la toma objetiva de los signos vitales del paciente, entre los que tenemos:
- **Frecuencia Cardíaca (Fc):** Es el número de veces en que se contrae el corazón, en un minuto. Tiene relación directa con el pulso arterial periférico, y puede percibirse como una onda pulsátil de la sangre, que refleja la contracción del ventrículo izquierdo. La onda pulsátil representa el rendimiento del latido cardíaco, que es la cantidad de sangre que entra en las arterias con cada contracción ventricular. Al tomar el pulso no solo se mide la frecuencia cardíaca, sino que también puede indicar:
 - El ritmo cardíaco
 - La fuerza del pulso

El pulso normal de los adultos sanos oscila entre los 60 y 100 latidos por minuto, se puede tomar en la región anterior y lateral de la muñeca.

Descripción de la técnica de la toma de pulso:

- a) Con las yemas de los dedos índice y medio, presione suavemente, pero con firmeza sobre las arterias hasta que sienta el pulso;
- b) Comience a contar las pulsaciones cuando el segundero del reloj marque las 12;

- c) Cuente el pulso durante 60 segundos (o durante 15 segundos y después multiplíquelo por cuatro para calcular los latidos por minuto);
- d) Al contar, no mire el reloj continuamente, concéntrese en las pulsaciones.

Tabla 4.
Clasificación de la Frecuencia Cardíaca

Clasificación	FC
Bradicardia	<59
Normal	60 – 90
Taquicardia	>91

Fuente: (AHA, 2014)

- **Frecuencia Respiratoria (Fr):** La frecuencia respiratoria es la cantidad de respiraciones que una persona hace por minuto. La frecuencia respiratoria (fc) Se mide durante un minuto cada vez que se eleva el pecho, y sus unidades son en rpm (respiraciones por minutos).
- **Tensión Arterial (TA):** Es una medida de la presión, que refleja la fuerza que ejerce la sangre sobre las paredes arteriales en su impulso a través de ellas. Debido a que la sangre se mueve en forma de ondas, existen dos tipos de medidas de presión: la presión sistólica, debida a la contracción de los ventrículos, es decir, la presión máxima; y la presión diastólica, que es la presión que queda cuando los ventrículos se relajan; ésta es la presión mínima.

La presión arterial se toma con un tensiómetro digital, automático, es fácil de leer, y es el dispositivo de medición de la presión arterial más utilizado.

Se Ubica el brazalete del tensiómetro en el brazo izquierdo, el cual debe estar relajado y suspendido con ayuda del fisioterapeuta, su medición se da en milímetros de mercurio-

Tabla 5

Clasificación de la Presión Arterial en adultos.

Clasificación de la presión arterial en adultos de 18 años y mayores		
Clasificación	Presión arterial Sistólica (mmHg)	Presión arterial Diastólica (mmHg)
Normal	<120	< 80
Pre hipertensión	120 – 139	80-89
Hipertensión: Estadio 1	140 – 159	90-99
Hipertensión: estadio 2	>160	> 100

Fuente: (AHA, 2014)

- **Saturación de Oxígeno (SatO2):** La oximetría de pulso o pulsioximetría es la medición, no invasiva, del porcentaje de oxígeno transportado por la hemoglobina en el interior de los vasos sanguíneos y brinda información indirecta del estado de oxigenación; se registra en forma numérica, se toma por medio de un oxímetro digital, el valor se expresa en porcentaje y sus valores normales oscilan entre 95% y 99%. (AHA, 2014).
- **Gases Arteriovenosos:** los gases arteriales constituyen otro indicador de la captación, degradación y uso del oxígeno como fuente energética; y hacen referencia a una prueba de laboratorio en la que se analiza el comportamiento de la concentración de hidrogeniones en sangre, para conocer el grado de alcalinidad o acidez que influye directamente sobre diferentes funciones fisiológicas comprometiendo la salud de una persona, identifica cuanto oxígeno está llevando los pulmones al torrente sanguíneo y por ende a los tejidos, de igual forma determina que tan bien elimina los pulmones el gas carbónico, producto del metabolismo celular.

La obtención de una muestra de gases arteriales o venosos esta dado mediante la toma de una muestra de sangre ya sea directamente por catéter central para venosos y por línea arterial o directamente del pulso arterial para los arteriales, en la mayoría de casos se toma en la arteria radial, para ello es indispensable realizar previamente el test de Allen, el cual tiene como objetivo identificar la buena perfusión distal de la extremidad a donde se va a realizar la punción,

observando el llenado por parte de la arteria cubital, la prueba se realiza solicitando al paciente que abra y cierre el puño rápidamente durante 10 a 15 veces, mientras el terapeuta realiza compresión a nivel de las arterias radial y cubital, al abrir la mano aparecerá palidez en palma y dedos, se procede a liberar la compresión cubital, manteniendo la compresión radial y en 15 segundos debe restablecerse la circulación y el color de la mano, de no ocurrir esto el Test se considera positivo y no se debe puncionar la arteria radial, eligiendo otra arteria, en caso de que la perfusión sea buena se continúa palpando la arteria con una mano y se utiliza la otra para introducir la aguja y avanzar lentamente según la necesidad del bisel, penetrando la piel a un ángulo de 45 grados aproximadamente, la penetración de la arteria puede ser sensible al tacto.

En la muestra de gases se deben obtener las siguientes variables:

- PH: Es la medición por la cual se evidencia la concentración de hidrogeniones y constituye la relación del equilibrio ácido base como un PH de 7,4 teniendo en cuenta que por el componente respiratorio se da el producto del CO₂ y de los ácidos no carbónicos y por el componente metabólico se obtiene el HCO₃, los cuales en cantidades normales generan el equilibrio ácido-base. Por tanto, conforme disminuye la concentración de estos ácidos aumenta el pH y El pH mide la alcalinidad (>7.45) o la acidez (<7,35). El pH aumenta en alcalosis metabólica o respiratoria y disminuye en acidosis metabólica y respiratoria.
- PaCO₂: Mide la presión parcial de dióxido de carbono (CO₂). En sangre arterial corresponde al componente respiratorio del equilibrio ácido-básico. Ya que ese parámetro es controlado por el pulmón, la PaCO₂ es la medida de la eficacia de la ventilación, un indicador de la efectividad de la eliminación de dióxido de carbono y también es un indicador de la cantidad de ácido carbónico presente en el plasma teniendo en cuenta que el CO₂ varía inversamente al pH. Dado que el pulmón compensa los trastornos metabólicos primarios, los niveles de PaCO₂ también son afectados por las alteraciones metabólicas. En el caso de la acidosis metabólica, los pulmones intentarán compensar eliminando CO₂ para elevar el pH. En el caso de la alcalosis metabólica.
- PO₂: Mide la presión de del contenido de oxígeno en la sangre arterial de esta manera es la medida de la tensión (presión) del oxígeno disuelto en el plasma.
- HCO₃: El ion bicarbonato (HCO₃⁻) es el determinante del componente metabólico (renal) del equilibrio ácido-básico. Este ion puede medirse directamente por la cifra de bicarbonato o indirectamente por el contenido de CO₂. La relación entre bicarbonato y pH es directamente

proporcional. El bicarbonato está elevado en la alcalosis metabólica y disminuida en la acidosis metabólica.

- **Lactato:** El lactato es un ácido fuerte y se encuentra casi en su totalidad dissociado en forma de lactato e ión hidrógeno. Mediante la glucólisis el ser humano utiliza la glucosa para producir energía. La concentración de lactato está directamente relacionada con la disponibilidad de oxígeno. La concentración de lactato aumenta cuando la tasa de producción supera la tasa de eliminación. Su acumulación puede provocar una importante disfunción celular y orgánica de todos los sistemas del organismo dando lugar a un cuadro metabólico denominado acidosis láctica. El valor de referencia para el lactato en sangre es inferior a 2 mmol/L

Tabla 6

Valores normales en Bogotá

p.H	7,43±0.02(7,39-7,47)			Hombres
PaCO2	33,5±2,6(28,3-38,7)			
HCO3	21,9±1,4(19,1-24,7)			
PaO2	67,3±4,3	66,2±4,9	63,3±4,7	
P(A-a)O2	8,7±4,5	10,2±4,7	12,2±4,8	
SaO2	93,3±1,3	92,9±1,6	91,7±2,0	
Ph	7,43±0.02(7,39-7,47)			Mujeres
PaCO2	31,1±2,4(26,3-35,9)		34,6±2,6 (29,4-39,8)	
HCO3	34,6±2,6 (29,4-39,8)		22,6±1,5 (19,6-25,6)	
Pao2	68,5±4,7	64,6±4,8	60,1±5,5	
D(A-a)O2	9,9±4,6	12,1±4,5	15,2±4,8	
Sao2	93,7±1,5	92±1,8	90,1±2,9	
Edad, años	18-39	40-59	≥60	

Fuente: (Maldonado et al., 2013)

- **Ventilación Mecánica:** es un procedimiento de respiración artificial que sustituye o ayuda temporalmente a la función ventilatoria de los músculos inspiratorios. No es una terapia, es una intervención de apoyo, una prótesis externa y temporal que ventila al paciente mientras se corrige el problema que provocó su instauración.

En ésta parte del protocolo se deben registrar todos los parámetros ventilatorios que están soportando al paciente, tal cual como lo muestra el ventilador mecánico.

- **Test de TANAKA:** Este test busca identificar por medio de ecuaciones predictivas la estimación de la frecuencia cardiaca máxima a la que puede llegar un individuo cuando realiza una actividad aeróbica. Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$FC \text{ máx. (estimada)} = 208 - (0,7 * \text{edad})$$

Escala de BORG Modificada: Gunnar Borg, fisiólogo sueco creó una primera tabla para valorar sensaciones en 1973, que es la versión clásica basada en una escala de 0 a 20. Posteriormente, en 1982 la modificó para una escala de 0 a 10 para que fuese más práctica, la cual es la utilizada (Barbado y Barranco, 2007).

- Se evalúa de mano con el test de verticalización, donde a medida que se vayan dando las ordenes de ejecución del movimiento se puede ir interrogar al apaciente sobre cuál fue el esfuerzo percibido al movimiento, se califica según la escala (Tabla 7) y se registra la calificación en números dentro del protocolo.

Tabla 7

Escala de Borg del esfuerzo percibido

PUNTUACIÓN	ESCALA DE BORG (C) – 10 PUNTOS
0.	Ningun esfuerzo en absoluto
0.5	Muy, muy débil
1	Muy débil
2	Débil (leve)
3	Moderado
4	un poco fuerte
5	fuerte (pesado)
6	fuerte (pesado)
7	Muy fuerte
8	Muy fuerte
9	Muy fuerte
10	Muy, muy fuerte

Fuente: (Aleman et al., 2014)

Sistema Osteomuscular

- Características antropométricas

- **Índice de Masa Coporal (IMC):** El índice de Masa corporal (IMC o “Body Index”, BMI) representa la relación entre la masa corporal (peso) y talla (estatura). Esta prueba se fundamenta en el supuesto de que las proporciones de masa corporal/peso, tanto en grupos femeninos como masculinos, poseen una correlación positiva con el porcentaje de grasa corporal que posee el cuerpo. Este índice se emplea principalmente para determinar el grado de obesidad de individuos, así como de su bien estar general. El cálculo del IMC: El IMC representa la razón de la masa corporal de la persona en (kg) sobre la talla, al cuadrado (m²) y se ilustra en la expresión matemática (kg/m² ó kg*m²).

$$\text{IMC} = \text{MC (kg)} / \text{T}^2(\text{m})$$

Donde:

IMC = Índice de Masa Corporal

MC = Masa Corporal (kg)

T = Talla (m)

M = metros

100 cm = 1 m

- **Índice de Cintura-Cadera (ICC):** es una medida antropométrica específica para medir los niveles de grasa intraabdominal. Matemáticamente es una relación para dividir el perímetro de la cintura entre el de la cadera, proporciona información de riesgo de padecer una enfermedad cardiovascular, secundaria al sobrepeso. (Polo Portes; 2015).

$$\text{ICC: } \frac{\text{Cintura (cms)}}{\text{Cadera (cms)}}$$

ICC = 0,71-0,85 normal para mujeres.

ICC = 0,78-0,94 normal para hombres

Se realiza la formula, con los datos de peso y talla del paciente, y se ilustran los resultados en el protocolo con su respectivo análisis.

- **Escala de Braden:** Es una escala de evaluacion que permite predecir el riesgo de presencia de úlceras por presión, evaluando las categorías percepcion sensorial, movilidad, actividad, humedad, nutrición, fricción y cizalla. (Virani et al; 20059

La calificación se da de 1 a 4 por cada cateoría, según las características de usuario donde:

- **Percepcion Sensorial:**

1. Completamente limitado.
2. Muy limitado.
3. Ligeramente limitado.
4. No limitado.

- **Humedad:**

1. Constantemente humeda.
2. Muy humeda.
3. Ocasionalmente humeda.
4. Raramente humeda.

- **Actividad**

1. Postrado en cama.
2. En silla de ruedas.
3. Anda ocasionalmente.
4. Anda con frecuencia.

- **Movilidad**

1. Completamente inmovil
2. Muy limitado
3. Ligeramente limitado.
4. Sin limitación.

- **Nutricion**

1. Muy deficiente.
2. Probablemente inadecuada.
3. Adecuada.

4. Excelente.

- **Fuerza de fricción y cizalla.**

1. Problema.

2. Posibles problemas.

3. Sin problemas.

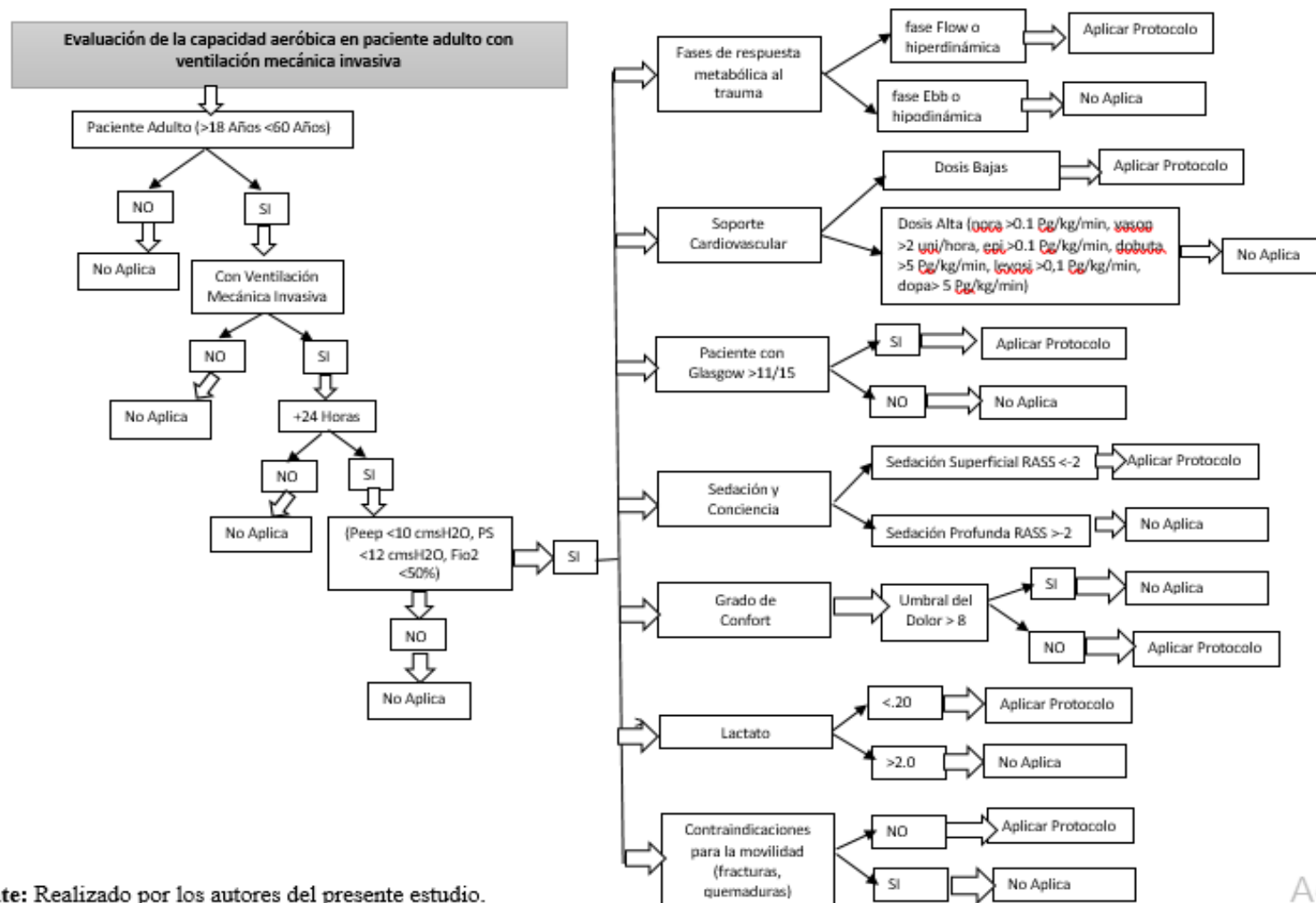
Calificación:

Riesgo leve (15 a 18 puntos)

Riesgo moderado (13 a 14 puntos)

Riesgo severo (10 a 12 puntos)

ANEXO 2. Flujograma de evaluación de la capacidad aeróbica



Anexo 3: Oxford Centre for Evidence-Based Medicine 2011 Levels of Evidence

Oxford Centre for Evidence-Based Medicine 2011 Levels of Evidence

Question	Step 1 (Level 1*)	Step 2 (Level 2*)	Step 3 (Level 3*)	Step 4 (Level 4*)	Step 5 (Level 5)
How common is the problem?	Local and current random sample surveys (or censuses)	Systematic review of surveys that allow matching to local circumstances**	Local non-random sample**	Case-series**	n/a
Is this diagnostic or monitoring test accurate? (Diagnosis)	Systematic review of cross sectional studies with consistently applied reference standard and blinding	Individual cross sectional studies with consistently applied reference standard and blinding	Non-consecutive studies, or studies without consistently applied reference standards**	Case-control studies, or "poor or non-independent reference standard**	Mechanism-based reasoning
What will happen if we do not add a therapy? (Prognosis)	Systematic review of inception cohort studies	Inception cohort studies	Cohort study or control arm of randomized trial*	Case-series or case-control studies, or poor quality prognostic cohort study**	n/a
Does this intervention help? (Treatment Benefits)	Systematic review of randomized trials or n-of-1 trials	Randomized trial or observational study with dramatic effect	Non-randomized controlled cohort/follow-up study**	Case-series, case-control studies, or historically controlled studies**	Mechanism-based reasoning
What are the COMMON harms? (Treatment Harms)	Systematic review of randomized trials, systematic review of nested case-control studies, n-of-1 trial with the patient you are raising the question about, or observational study with dramatic effect	Individual randomized trial or (exceptionally) observational study with dramatic effect	Non-randomized controlled cohort/follow-up study (post-marketing surveillance) provided there are sufficient numbers to rule out a common harm. (For long-term harms the duration of follow-up must be sufficient.)**	Case-series, case-control, or historically controlled studies**	Mechanism-based reasoning
What are the RARE harms? (Treatment Harms)	Systematic review of randomized trials or n-of-1 trial	Randomized trial or (exceptionally) observational study with dramatic effect			
Is this (early detection) test worthwhile? (Screening)	Systematic review of randomized trials	Randomized trial	Non-randomized controlled cohort/follow-up study**	Case-series, case-control, or historically controlled studies**	Mechanism-based reasoning

* Level may be graded down on the basis of study quality, imprecision, indirectness (study PICO does not match questions PICO), because of inconsistency between studies, or because the absolute effect size is very small; Level may be graded up if there is a large or very large effect size.

** As always, a systematic review is generally better than an individual study.

How to cite the Levels of Evidence Table

OCEBM Levels of Evidence Working Group*. "The Oxford 2011 Levels of Evidence".

Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. <http://www.cebm.net/index.aspx?o=5653>

* OCEBM Table of Evidence Working Group = Jeremy Howick, Iain Chalmers (James Lind Library), Paul Glasziou, Trish Greenhalgh, Carl Heneghan, Alessandro Liberati, Ivan Moschetti, Bob Phillips, Hazel Thornton, Olive Goddard and Mary Hodgkinson

Anexo 4:

Matriz con artículos, los cuales se adjuntan en formato Excel.