



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS  
MÉDICAS, ODONTOLÓGICAS Y DE LA SALUD**

Relación entre el estado de hidratación y el comportamiento  
cardiopulmonar en pacientes adultos con cardiopatía isquémica,  
durante una prueba de ejercicio

**TESIS**

Que para optar por el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SALUD, CON CAMPO EN  
EPIDEMIOLOGÍA CLÍNICA**

PRESENTA:  
**DULCE MARÍA NAVARRETE DE LA O**

TUTORA:  
**Dra. Lilia Castillo Martínez**  
Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán

COMITÉ TUTORAL:  
**Dr. Juan Antonio Pineda Juárez**  
**Dr. Jorge Antonio Lara Vargas**  
Centro Médico Nacional 20 de noviembre, ISSSTE

**CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO, OCTUBRE DE 2021.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

<b>1. Marco teórico</b>	
<b>1.1. Cardiopatía isquémica (CI)</b> .....	7
1.1.1. Etiología y fisiopatología de la CI.....	8
1.1.1.1. Factores de riesgo cardiovascular (FRCV).....	8
1.1.2. Clasificación de la CI.....	9
1.1.2.1. CI estable.....	9
1.1.2.2. Síndrome coronario agudo (SCA).....	10
1.1.3. Pruebas de ejercicio (PE) para el diagnóstico/ pronóstico de la CI.....	11
1.1.3.1. Respuesta sistémica a la PE.....	12
1.1.4. CI y estado de hidratación.....	15
<b>1.2. Estado de hidratación (EH)</b> .....	16
1. 2.1. Agua corporal total (ACT).....	16
1.2.2. Regulación del EH.....	18
1.2.3. EH y comportamiento cardiopulmonar.....	20
1.2.4. Métodos para evaluar el EH.....	21
1.2.4.1. Análisis de impedancia bioeléctrica (BIA).....	24
1.2.4.1.1. Análisis vectorial de impedancia bioeléctrica.....	25
<b>2. Antecedentes</b> .....	27
<b>3. Planteamiento del problema</b> .....	31
<b>4. Pregunta de investigación</b> .....	32
<b>5. Justificación</b> .....	33
<b>6. Hipótesis</b> .....	33
<b>7. Objetivos</b> .....	34
<b>8. Metodología</b> .....	35
<b>9. Operacionalización de variables</b> .....	41
<b>10. Aspectos éticos</b> .....	44
<b>11. Resultados</b> .....	45
<b>12. Discusión de resultados</b> .....	51
<b>13. Conclusiones</b> .....	53
<b>14. Bibliografía</b> .....	54
<b>15. Anexos</b> .....	58

## ÍNDICE TABLAS Y FIGURAS

Cuadro 1. Información obtenida mediante PEAGE.....	11
Cuadro 2. Respuestas agudas al ejercicio.....	13
Cuadro 3. Componentes del BEH.....	18
Cuadro 4. Mecanismos de osmorregulación y regulación del volumen.....	19
Cuadro 5. Ingestión y pérdida de agua.....	19
Cuadro 6. Métodos para evaluar el EH.....	22
Figura 1. Determinantes del $VO_2$ max.....	15
Figura 2. Componentes del ACT.....	17
Figura 3. Gráfica resistencia-reactancia.....	25
Tabla 1. Evidencia de estudios relacionados con el EH y las ECV.....	27
Tabla 2. Evidencia de estudios experimentales relacionados con el EH y el comportamiento cardiopulmonar.....	29
Tabla 3. Análisis de la calidad de los ensayos clínicos antecedentes.....	30
Tabla 4. Características generales de la población.....	46
Tabla 5. Características de la población por estado de hidratación.....	47
Gráfico 1. EH y consumo de oxígeno.....	49
Gráfico 2. EH y FC de reserva.....	49
Gráfico 3. EH y pulso de oxígeno.....	50

## ABREVIATURAS

<b>ACT</b>	Agua corporal total
<b>BEH</b>	Balance del estado de hidratación
<b>BIA</b>	Análisis de impedancia bioeléctrica
<b>BIVA</b>	Análisis vectorial de impedancia bioeléctrica
<b>CC</b>	Composición corporal
<b>CI</b>	Cardiopatía isquémica
<b>DAVO<sub>2</sub></b>	Diferencia arteriovenosa de oxígeno
<b>EAC</b>	Enfermedad arterial coronaria
<b>ECG</b>	Electrocardiograma
<b>EH</b>	Estado de hidratación
<b>FC</b>	Frecuencia cardiaca
<b>FRCV</b>	Factores de riesgo cardiovascular
<b>GC</b>	Gasto cardiaco
<b>IAM</b>	Infarto agudo al miocardio
<b>LEC</b>	Líquido extracelular
<b>LIC</b>	Líquido intracelular
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno
<b>PC</b>	Peso corporal
<b>PE</b>	Prueba (s) de ejercicio
<b>PEAGE</b>	Prueba de ejercicio con análisis de gases espirados
<b>PO<sub>2</sub></b>	Pulso de oxígeno
<b>SCA</b>	Síndrome coronario agudo
<b>VO<sub>2</sub></b>	Consumo de oxígeno
<b>VO<sub>2</sub>máx</b>	Consumo máximo de oxígeno
<b>VS</b>	Volumen sistólico

## RESUMEN

**Introducción:** La cardiopatía isquémica (CI) describe un grupo de síndromes clínicos caracterizados por un desequilibrio entre la demanda y el aporte de oxígeno en el miocardio cuyo defecto fisiopatológico fundamental es una perfusión inadecuada. Tras el desarrollo de CI, se considera que existen variables clínicas determinantes en el pronóstico de los pacientes como: disminución en el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ), pulso de oxígeno ( $PO_2$ ), frecuencia cardiaca (FC) de reserva, gasto cardiaco (GC), entre otras, las cuales pueden ser evaluadas a través de una prueba de ejercicio (PE). Las alteraciones en el estado de hidratación (EH) pueden influir sobre el volumen plasmático y el sistema nervioso simpático, lo cual tiene un efecto a corto plazo en la respuesta presora, FC y volumen sanguíneo, estas últimas, determinantes directas e indirectas del  $VO_2$  y del  $PO_2$ , importantes factores pronóstico de la morbi-mortalidad de la CI. **Objetivo:** Describir la relación que existe entre el EH y el comportamiento cardiopulmonar en pacientes adultos con CI durante una PE. **Material y métodos:** Estudio transversal analítico. Se incluyeron pacientes mayores de 18 años, diagnosticados con CI, candidatos a realizar una PE. Se excluyeron a pacientes con comorbilidades tales como: insuficiencia cardiaca, anemia, enfermedad renal o daño hepático. El EH fue evaluado por medio del análisis vectorial de impedancia bioeléctrica (BIVA) y se analizaron variables del comportamiento cardiopulmonar ( $VO_2$  máximo alcanzado, FC de reserva y  $PO_2$ ) medidas en la PE. Los resultados se presentaron en medias y desviación estándar o medianas y percentiles 25 y 75, dependiendo de su distribución. Las variables cuantitativas se analizaron mediante la prueba de ANOVA o Kruskal Wallis, mientras que las variables cualitativas se analizaron mediante chi cuadrada de Pearson o prueba exacta de Fisher, según correspondía. **Resultados:** Las variables del comportamiento cardiopulmonar estudiadas ( $VO_2$  máximo alcanzado, FC de reserva y pulso de oxígeno) así, como los METs carga, tuvieron valores más bajos en los grupos con alteraciones en el EH (hipo e hiperhidratación) en comparación con el grupo de euhidratación, sin embargo, solo el  $VO_2$  máximo alcanzado y los METS carga, presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), esto entre los grupos de euhidratación e hiperhidratación. **Conclusiones:** El EH se asoció con el desempeño y comportamiento cardiopulmonar durante una prueba de ejercicio, sin embargo, se requiere mayor investigación para corroborar los resultados y comprobar su aplicabilidad clínica.

## INTRODUCCIÓN

El EH es una medida cuantitativa o semicuantitativa del agua contenida en el cuerpo, y está determinado por el equilibrio entre la salida y entrada de líquidos al organismo (1), (2). El balance del estado de hidratación (BEH) se asocia con funciones importantes, tales como: metabolismo, transporte, circulación y termorregulación, así como el desempeño durante la realización de ejercicio (3), (4).

Respecto a la primera parte de la ecuación (el consumo de líquidos), acorde a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2018, el 87.7% de la población en México refiere tomar agua a diario, brecha que no debería de existir. Seguido al agua, los porcentajes más altos de consumo diario corresponden al café (entre 32.8% a 39.1%, dependiendo de si es con azúcar o sin azúcar, respectivamente) y refresco (20.4%), lo cual apunta a un patrón inadecuado de consumo de bebidas. Desafortunadamente, la información acerca de las porciones consumidas es limitada, ya que solo se reporta un consumo “estándar”, por lo que resulta complicado dar sentido a estos datos (5).

Aunque el BEH se encuentra estrechamente regulado, sin embargo, la carga de ejercicio y ambiental, así como condiciones fisiopatológicas, representan un reto agudo a la homeostasis. En individuos sanos, los mecanismos que mantienen dicha homeostasis son relativamente bien conocidos, sin embargo, en aquellos con condiciones clínicas, no es del todo claro; tal es el caso de la CI. Pese a la evidencia existente de la asociación entre el consumo de agua con el riesgo de mortalidad por enfermedad coronaria (6) y el potencial plausible efecto que podría tener en variables predictoras de dicha patología, se ha dirigido poco esfuerzo a la investigación en el rubro.

## MARCO TEÓRICO

### 1. CARDIOPATÍA ISQUÉMICA (CI)

La CI describe un grupo de síndromes clínicos caracterizados por isquemia miocárdica, un desequilibrio entre la demanda y el aporte de oxígeno por dicha capa muscular (7), (8), (9), (10). Debido a que el defecto fisiopatológico fundamental es una perfusión inadecuada, la isquemia se asocia no solo con un suministro insuficiente de oxígeno (O<sub>2</sub>), sino también, con una disponibilidad reducida de nutrimentos y una eliminación inadecuada de productos finales metabólicos (9).

La CI es una de las principales causas de mortalidad y carga de enfermedad en todo el mundo, lo que resulta en aproximadamente 8.9 millones de muertes y 164 millones de años de vida ajustados por discapacidad a nivel mundial, de acuerdo a lo reportado en el 2015 en el estudio “Carga Global de la Enfermedad” (11).

El siglo XX se caracterizó por cambios importantes en la ocurrencia y letalidad de la CI y el infarto agudo al miocardio (IAM). En Estados Unidos, por ejemplo, se observó un descenso importante en la mortalidad por CI en la segunda mitad del siglo pasado y en la cohorte de Framingham este descenso fue de 64%; en ese mismo contexto se encuentran Canadá, Argentina, Cuba, Puerto Rico, Brasil, Japón, Australia y Nueva Zelanda. Dichos cambios se pueden explicar por el cambio en la exposición a algunos factores de riesgo cardiovascular (FRCV) y el acceso oportuno a mejores tratamientos médicos y quirúrgicos. En México por otro lado, se observó en la segunda mitad del siglo pasado, un crecimiento en la mortalidad por CI. Si bien, la mortalidad por dicha enfermedad en México en la década de 1970 era de las más bajas de la región, 30 años más tarde prácticamente se duplicó, sobrepasando la tasa observada en países como Argentina o Chile, cuyas tasas eran tres a cuatro veces mayores a la observada en México en dicho año (12), (13).

Entre los años 2000 y 2013 el aumento de la mortalidad de la CI fue de más del 45% y de acuerdo a las estadísticas de defunciones del Instituto Nacional de Estadística y Geografía del año 2013, la CI figuró como la principal causa de muerte en hombres y la segunda causa de muerte en mujeres, con el 12.6% en ambos casos (13). Se considera, además, como la segunda causa más importante de años de vida saludable perdidos en hombres y la tercera en mujeres, especialmente por la mortalidad prematura que genera (12), (13).



### 1.1.1. Etiología y fisiopatología de la CI

La causa más frecuente de CI es la enfermedad aterosclerótica de una arteria coronaria epicárdica (enfermedad arterial coronaria o EAC), que baste para disminuir la circulación sanguínea en una región del miocardio, ocasionando una perfusión insuficiente por parte de la arteria coronaria afectada. Dicho mecanismo ocurre tanto en su forma crónica (placas estables en la pared del vaso, que disminuyen el diámetro de su luz), como en la forma de Síndrome Coronario Agudo o SCA, (fisura y trombosis de una placa inestable) (7), (8), (9). No obstante, existen otros mecanismos que pueden dar lugar a la isquemia miocárdica, entre los que se encuentran:

- Alteraciones en la circulación coronaria: alteraciones de la microcirculación coronaria (angina microvascular o síndrome X cardíaco), disfunción endotelial, espasmo coronario, embolia coronaria, disección coronaria espontánea, disección aórtica que afecta al origen de una coronaria, anomalías congénitas de la circulación coronaria, vasculitis, etc. (7).
- Aumento en las demandas miocárdicas de oxígeno: como puede ocurrir en la estenosis aórtica, miocardiopatía hipertrófica, cardiopatía hipertensiva con hipertrofia ventricular, hipertensión pulmonar, estenosis pulmonar, taquicardias, hipertiroidismo, sepsis, etc. (7).
- Disminución del aporte de oxígeno al miocardio: por anemia grave, hipoxemia o hipovolemia agudas, etc. (7).

#### 1.1.1.1. Factores de riesgo cardiovascular (FRCV)

Se denomina FRCV, a una característica biológica, hábito o estilo de vida, que aumenta la probabilidad de padecer o de morir a causa de una ECV, en aquellos individuos que lo presentan (14).

Los FRCV tradicionales incluyen: edad, sexo, factores genéticos, historia familiar (conocidos como no modificables), tabaquismo, hipertensión arterial, hipercolesterolemia, diabetes mellitus, sobrepeso/obesidad (conocidos como modificables) (14). Además de los factores ya mencionados, hoy en día existe un interés creciente por factores emergentes, tal es el caso de los factores hemorreológicos (viscosidad plasmática y sanguínea,

hematocrito y fibrinógeno), que tienen un rol determinante en el comportamiento fisiopatológico de la circulación sanguínea y se asocian positivamente con la enfermedad coronaria, dada su participación en la formación de la placa de ateroma, hemostasis, trombosis y vasomotricidad vascular; se ha descrito que dichos factores hemorreológicos, se encuentran elevados años antes de la manifestación de eventos isquémicos agudos y están implicados en etapas tempranas en la aceleración y extensión de la aterosclerosis, así como el pronóstico de la enfermedad aterosclerótica; además, se considera que la mayoría de los FRCV, están asociados en un momento dado de la evolución de la aterosclerosis, a un aumento de la viscosidad sanguínea o plasmática (15), (6).

Se ha propuesto que, aunque los FRCV modificables individuales contribuyen solo modestamente a modelar el rendimiento pronóstico, eliminar o controlar dichos factores conduciría a reducciones sustanciales de eventos de enfermedad coronaria en la población total (16).

### **1.1.2. Clasificación de la CI**

La forma en que se manifiesta la isquemia miocárdica en la práctica clínica da la base para la principal clasificación; hay una forma clínica crónica y estable de presentación de la enfermedad, y otra forma aguda, que tiene mecanismos fisiopatogénicos diferentes a la forma crónica y que precisa un manejo clínico y tratamiento específicos, ambas se describen a continuación (7):

#### **1.1.2.1. CI estable**

Se incluye en este grupo, a pacientes con manifestaciones clínicas crónicas, con un patrón no progresivo, o bien, pacientes que refieren síntomas por primera vez, pero se cree que podrían deberse a un estado estable y crónico de la enfermedad. Se considera, además, a un grupo numeroso de pacientes, que permanecen asintomáticos tras haber sufrido un infarto, que ha sido revascularizado de forma parcial o completa. Sus manifestaciones clínicas son heterogéneas, resultando en fenómenos agudos que coexisten con otros muy crónicos en diferentes territorios vasculares (carotídeos, vertebrales, ilíacos, femorales, etc.) (7).

En la progresión de la enfermedad, se sabe que es importante el progresivo depósito de lípidos que incrementan el grosor de la placa, así como sucesivos episodios de trombosis no oclusiva, que siguen de la activación de los factores de reparación cicatricial con fibrosis y organización del trombo que dan estabilidad a la placa, pero que producen una reducción en el calibre de la arteria que se mantendrá indefinidamente. La disminución crónica de la luz del vaso produce un descenso en el flujo anterógrado; por estudios experimentales, se sabe que si se reduce el calibre entre 70-75%, el vaso es incapaz de aumentar el flujo ante situaciones de incremento de la demanda, y que, si la reducción es superior a un 80%, se compromete el flujo en reposo (7).

### **1.1.2.2. Síndrome coronario agudo (SCA)**

Este sucede cuando existe trombosis coronaria sobre una placa aterosclerótica que se rompe, lo cual representa el mecanismo fisiopatológico dominante. Se sabe que más de un 75% de los SCA ocurren en áreas donde las arterias coronarias presentan estenosis no severas y su riesgo de ruptura está relacionado con su composición; así, las más inestables contienen un importante núcleo lipídico pobre en colágeno, un reducido número de células musculares lisas y signos de inflamación en su cápsula. Cuando ocurre una fisura o fractura en la placa que alcanza al endotelio, se expone el material subendotelial al torrente sanguíneo, lo que induce un estímulo para la adhesión y agregación plaquetarias y la consiguiente activación de la cascada de coagulación con formación de un trombo, que puede originar la oclusión total o subtotal de la luz arterial de forma brusca (7).

Clínicamente esto se manifiesta como la aparición de un SCA, que puede ser de los dos tipos siguientes:

- SCA sin elevación del segmento ST. En este grupo de pacientes la obstrucción de la luz arterial por el trombo es importante, pero no completa. Clínicamente, lo que define a este subgrupo es la ausencia de elevación del segmento ST en el electrocardiograma (ECG). (7).
- SCA con elevación persistente del segmento ST. Cuando se desarrolla una oclusión trombótica coronaria completa tiene lugar el SCA con elevación persistente del segmento ST, que se refiere al infarto de miocárdico clásico con desarrollo de ondas Q de necrosis en el ECG (7).

### 1.1.3. Pruebas de ejercicio (PE) para el diagnóstico/pronóstico de la CI

Para establecer el diagnóstico de EAC es ideal un procedimiento no invasivo que discrimine de forma rutinaria la existencia de CI. Las PE (comúnmente conocidas como pruebas de esfuerzo), son las pruebas más utilizadas, tanto para el diagnóstico, como para el pronóstico de la CI (17), (18).

Dentro de las PE, se distinguen principalmente 2 modalidades: la PE convencional y la PE con análisis de gases espirados (PEAGE), también llamada prueba de ejercicio cardiopulmonar. La primera se basa en el registro de la respuesta electrocardiográfica de un individuo, al ser sometido a un reto con ejercicio agudo, usualmente extenuante, mientras que la PEAGE, combina dicho principio con la evaluación de la dinámica corporal del O<sub>2</sub> y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), es decir, mide adicionalmente, la velocidad y el flujo de aire ventilado por el paciente durante el ejercicio (ergoespirometría), así como la composición del aire ventilado, por lo que proporciona mayor información (18).

Algunas de las variables que pueden ser medidas o calculadas mediante la PEAGE se enlistan a continuación:

**Cuadro 1. Información obtenida mediante PEAGE**

<b>Variables medidas directamente</b>
Generales
Consumo máximo de oxígeno (VO <sub>2</sub> máx)
Consumo pico de oxígeno (VO <sub>2</sub> pico)
Cinética de oxígeno en recuperación (T1/2)
Producción de bióxido de carbono (VCO <sub>2</sub> )
Espirométricas
Ventilación por minuto (V <sub>E</sub> )
Volumen corriente (V <sub>T</sub> )
Capacidad inspiratoria (CI)
Cardiovasculares
Gasto cardíaco (GC)
Frecuencia cardíaca (FC)
Tensión arterial
Variables compuestas
Pulso de oxígeno (PO <sub>2</sub> )
Índice de consumo de oxígeno/carga de trabajo (VO <sub>2</sub> /WR)
Índice VO <sub>2</sub> /VCO <sub>2</sub>
Cociente respiratorio (RC o RQ)
Umbral aeróbico-anaeróbico
Relación frecuencia cardíaca-consumo de oxígeno (FC-VO <sub>2</sub> )
Respuesta presora
Respuesta cronotrópica

Tomado y resumido de: Ilarrazza H. y cols. Ejercicio, Dieta y Corazón, 2013 (18).

La selección del protocolo de ejercicio debe hacerse de manera individualizada, según la indicación de la prueba y características del paciente (edad, grado de entrenamiento, obesidad, etc.). Por lo general, se prefieren protocolos con incrementos progresivos de velocidad e inclinación en rampa; se dispone de protocolos en banda sinfín y en cicloergómetro (19).

La prueba suele interrumpirse ante la aparición de molestias torácicas, disnea importante, mareos, fatiga o depresión del segmento ST superior a 0.2 mV (2 mm), disminución de la presión arterial sistólica superior a 10 mmHg o taquiarritmias ventriculares (9).

Las características de la PE, tipos de protocolos existentes, indicaciones y contraindicaciones se describen en el Anexo 1, para su consulta.

#### **1.1.3.1. Respuesta sistémica a la PE**

Las PE proporcionan una evaluación de la respuesta integrada de los sistemas cardiovascular, muscular, pulmonar, hematopoyético, neurosensorial y esquelético, de forma dinámica, (lo cual no es posible determinar mediante el estudio de cada órgano individualmente), al ser llevado a un máximo esfuerzo tolerable en el estudio, bajo la supervisión de personal entrenado, para la detección oportuna de complicaciones (18). La finalidad de esta prueba es descubrir cualquier limitación para realizar esfuerzos, identificar signos electrocardiográficos típicos de isquemia miocárdica y establecer su relación con el dolor torácico (9).

El organismo de una persona cambia de manera significativa entre el estado de reposo y el ejercicio máximo, expresando cambios en casi todos los sistemas antes mencionados (18); con el objetivo de equilibrar las funciones, se presenta una serie de adaptaciones orgánicas vitales durante la práctica de ejercicio para evitar daños fisiológicos y metabólicos. Las adaptaciones durante el esfuerzo pueden incrementar la tasa metabólica corporal hasta 20 veces con respecto al estado en reposo, así como el GC hasta 6 veces más. La magnitud de los cambios depende de varios factores, entre ellos: edad, género, superficie corporal y grado de entrenamiento (19).

En condiciones “normales”, se esperaría una serie de adaptaciones fisiológicas, ante el estímulo del ejercicio, algunas de ellas se describen a continuación:

**Cuadro 2. Respuestas agudas al ejercicio**

Tipo de adaptación	Respuesta
Cardiaca	El corazón responde al ejercicio a través del aumento de la FC, fracción de expulsión, volumen de expulsión y GC. La respuesta varía en función del estímulo.
Pulmonar	La respuesta normal del reposo al ejercicio moderado es un incremento en la ventilación minuto, para ajustar la ventilación alveolar a la demanda metabólica.
Sanguínea	Dentro de dichas adaptaciones, se ha descrito que en la sangre tiene lugar una liberación de líquido en el compartimento vascular, lo que reduce automáticamente el volumen de plasma y sangre. Esta pérdida de líquidos plasmáticos provoca un aumento de hematocrito y concentraciones de metabolitos en el plasma. La transferencia de agua desde el plasma hacia los músculos produce hemoconcentración. La reducción del volumen plasmático se normaliza alrededor de 1 hora después del ejercicio, dependiendo del nivel de entrenamiento de la persona y de la reposición hídrica.

Tomado de: García M. et al. Rehabilitación cardiovascular: prevención y deporte, 2019, (19)

La presencia de CI condiciona en mayor o menor medida a alteraciones en la respuesta aguda al ejercicio, y esto afecta el desempeño en las PE, lo cual es un importante recurso de información pronóstica a mediano y largo plazo. Algunas de las variables que se encuentran comprometidas en la CI son la capacidad aeróbica y la tolerancia al ejercicio; este último, es un predictor independiente de mortalidad cardiovascular y general, en pacientes con EAC. Tanto la capacidad aeróbica como la tolerancia al ejercicio se relacionan fuertemente con el  $VO_2\text{max}$ , la FC y el  $PO_2$ , como se describe a continuación: (20).

- El  $VO_2\text{máx}$  expresa la capacidad máxima que tiene el organismo para incorporar aire del medio ambiente, extraerlo en los pulmones, transportarlo por la sangre hasta el tejido muscular e incorporarlo al interior de la mitocondria para su uso metabólico; es el estándar de oro de la capacidad aeróbica y constituye la mejor medición objetiva disponible de la tolerancia al ejercicio, que generalmente se encuentra reducida en pacientes con EAC (en comparación con sujetos sanos de la misma edad), producto de cambios en el volumen sistólico (VS) y una menor diferencia arteriovenosa de  $O_2$  ( $DAVO_2$ ) (21). Conforme incrementa la carga de ejercicio, aumenta el  $VO_2$  de manera

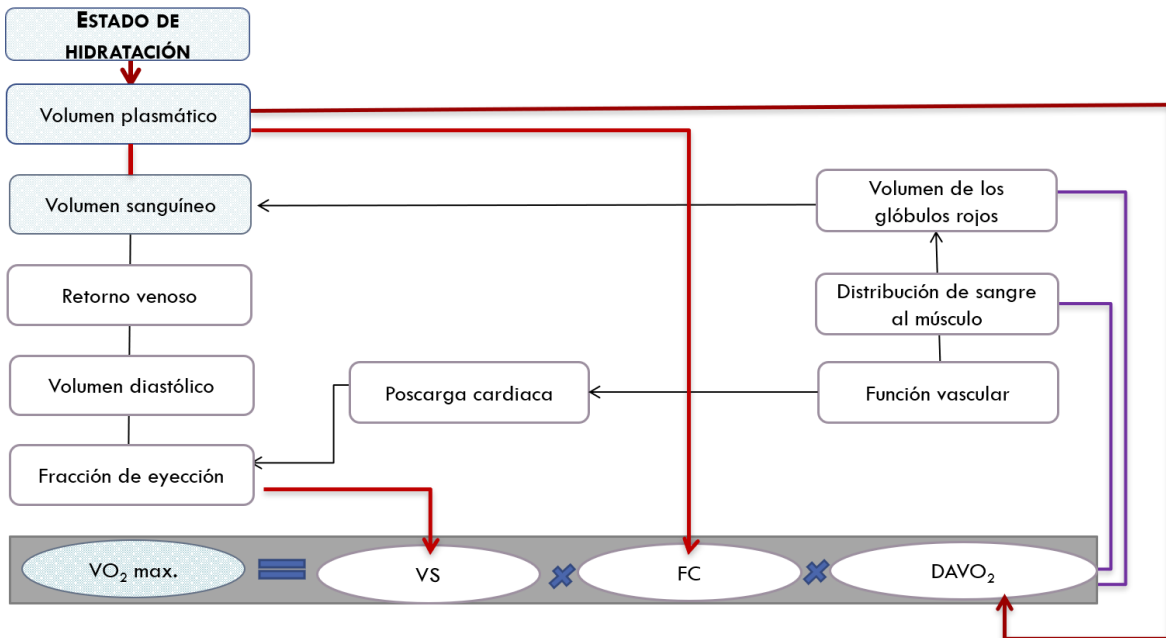
proporcional, hasta que uno o varios de sus determinantes (FC, VS o extracción tisular), se limita y se alcanza un estado de meseta, donde a pesar de que la carga de trabajo continúa aumentando, el  $VO_2$  se mantiene relativamente estable. (19) Secundario a la isquemia, la disminución del VS impide que el transporte de  $O_2$  aumente a una velocidad suficiente para suministrar al músculo esquelético el  $O_2$  necesario para la generación de ATP, que sostiene la contracción muscular, aeróbicamente. Debido a que el  $VO_2$  es un producto del GC multiplicado por la  $DAVO_2$ , la cinética alterada refleja la función cardiaca alterada durante el ejercicio. Diferentes estudios han descrito una relación inversa entre la capacidad aeróbica y la EAC fatal y no fatal. Se ha reportado un 15% de menor riesgo de EAC por cada unidad metabólica (MET) de mayor tolerancia al ejercicio (22).

- La FC, como producto del balance del sistema nervioso autónomo, tiene un incremento gradual y sostenido durante el aumento de la carga de ejercicio, así como el  $VO_2$ . En la magnitud del cambio de la FC influyen diversos factores, tales como: edad del paciente, tipo de actividad realizada, grado de entrenamiento, medicamentos, VS y el ambiente (19). Actúa como el principal determinante de la demanda de  $O_2$  del miocardio y como controlador de la oferta, (ambos, mecanismos fisiopatológicos fundamentales de la CI, como se mencionó anteriormente) (23). El impacto de la FC incrementada en reposo se ha validado en el pronóstico en la EAC, insuficiencia cardiaca y en otras condiciones, independientemente de la edad, FRCV y comorbilidades (24). El incremento de la FC en reposo a la FC máxima alcanzada, denominada FC de reserva, es un predictor de las ECV y mortalidad, lo cual puede ser explicado por su relación con una capacidad deteriorada para aumentar el VS y/o la  $DAVO_2$  (25).
- El  $PO_2$ , es una medida del  $O_2$  consumido por latido cardiaco; es una medida del VS y la extracción de  $O_2$  periférica ( $DAVO_2$ ) durante el ejercicio, reflejando el suministro de oxígeno miocárdico y la reserva cardiaca funcional bajo estrés fisiológico, y puede proveer información adicional acerca de la tolerancia al ejercicio. Normalmente, el  $PO_2$  aumenta linealmente hasta acercarse al valor más alto, sin embargo, ante trastornos circulatorios o disfunción cardiaca, aumenta solo ligeramente con el incremento de las cargas de trabajo, paralelo al incremento del VS (26).

La Figura 1 muestra la relación de las diferentes variables relacionadas con los determinantes del  $VO_{2max}$ , entre los que se encuentra el volumen plasmático, que de forma directa e indirecta (a través de su influencia en el volumen sanguíneo), se relaciona con el

VS, la FC y la  $DAVO_2$ . A su vez, el estado de hidratación (EH), es un factor relacionado con el volumen plasmático. En el siguiente apartado se aborda la definición y características del EH, en orden de poder explicar la función que cumple.

**Figura 1. Determinantes del  $VO_2$ max.**



Tomado y adaptado de: Lundby C., Montero D, Joyner M. Biology of  $VO_2$  máx: looking under the physiology lamp. Acta physiol, 2017; 220: 218-228 (27)

#### 1.1.4 CI y estado de hidratación

La fisiología cardíaca normal se centra en el GC (medida de la cantidad de sangre bombeada por el corazón), en un periodo de tiempo determinado. La disfunción ventricular izquierda es el resultado del daño en las células miocárdicas ubicadas en el ventrículo. Los signos y síntomas que subyacen a la CI varían según el grado de deterioro de la función ventricular.

Una vez establecida la insuficiencia cardíaca, se sabe que la sobrecarga de volumen se relaciona con la progresión y pronóstico de esta, sin embargo, en etapas tempranas de la CI, antes de su posible progresión a insuficiencia cardíaca, se desconoce si hay alteraciones en el EH y las posibles repercusiones de estas (28).



## 1.2. ESTADO DE HIDRATACIÓN (EH)

Es difícil describir el EH, ya que los patrones de ingesta y excreción son pobremente documentados y la regulación del balance hídrico es compleja y dinámica (29). El EH constituye una medida cuantitativa o semicuantitativa del agua o fluidos contenidos en el cuerpo, y es definido por el equilibrio entre la salida y entrada de agua (1), (2). Para poder hablar de dicho concepto, es útil describir en primera instancia, la composición corporal (CC).

La CC representa la cuantificación in vivo de los componentes corporales, las relaciones y cambios cuantitativos entre los componentes, vinculados a factores influyentes. El estudio de la CC resulta imprescindible para comprender los efectos que la dieta, el ejercicio físico, crecimiento y enfermedad, tienen sobre el organismo (30).

Para llevar a cabo un adecuado análisis de la CC es necesario delimitar al cuerpo humano en función de sus diferentes componentes. El modelo bicompartimental es el más utilizado para el análisis de la CC en seres humanos, el cual asume la división del organismo en 2 compartimentos: masa grasa total y masa libre de grasa (30), (31).

- Masa grasa total: representa en el organismo un componente esencial de reserva energética y aislante nervioso. Es susceptible de presentar variaciones en el sujeto de acuerdo a su edad, sexo y transcurso del tiempo. Según este modelo, la masa grasa es anhidra, aunque en el adulto sano, se considera que el porcentaje de hidratación puede ser alrededor del 13% (31).
- Masa libre de grasa: representa el tejido metabólicamente activo, está compuesta por minerales, proteínas, glucógeno y agua. Agrupa el agua corporal total en intracelular y extracelular, con un grado de hidratación medio del 73% (31). Es afectada por la edad, género y actividad física (32).

### 1.2.1. Agua corporal total (ACT)

El ACT desempeña muchas funciones únicas y vitales, tales como: es el principal constituyente del cuerpo humano y sirve como solvente en reacciones bioquímicas que dan soporte a la homeostasis celular, es esencial para sostener el volumen cardiovascular, sirve como medio de transporte, participa en la termorregulación, entre muchas otras (3), (4).

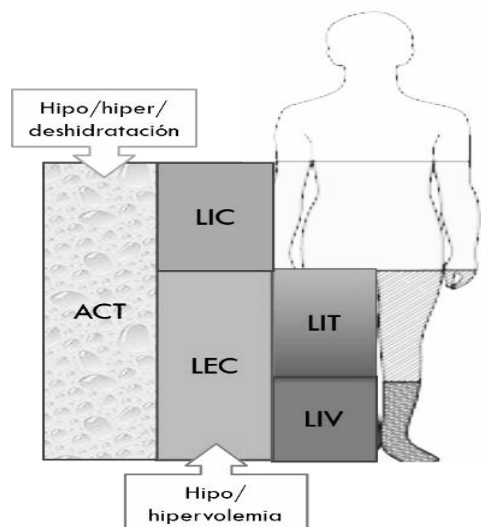
Varía en función de la edad, tejido óseo y adiposo. El agua/fluido circula o se almacena: el músculo contiene aproximadamente 74% de agua, la sangre 93% y la masa grasa 10% (33), (34), (35).

El ACT supone entre el 45-50% del peso corporal (PC) de las mujeres y 55-60% en hombres; supone unos 600 ml/kg de PC, distribuidos en los compartimentos intracelular y extracelular (36):

- **Líquido intracelular (LIC):** Representa aproximadamente 400 ml/kg (es decir, 2 tercios) del ACT y constituye alrededor del 40% del PC total en una persona. Atañe al espacio total dentro de las células, definido como “citoplasma”; el líquido de cada célula contiene una mezcla individual, pero las concentraciones de estas sustancias son similares de una célula a otra. En general, el LIC es estable y no se ajusta rápidamente a cambios. En este espacio, ocurren diversas reacciones químicas, por lo que es importante mantener su osmolalidad (4), (33), (36).
- **Líquido extracelular (LEC):** Comprende el tercio restante (200 ml/kg) y constituye alrededor del 20% del PC. Los dos compartimientos más grandes del LEC son el líquido intersticial o LIT (líquido que rodea a las células en los tejidos corporales) e intravascular o LIV (sinónimo de plasma, del interior de los vasos sanguíneos), que suponen tres cuartas partes (150 ml/kg) y una cuarta parte del LEC (50 ml/kg), respectivamente. Está determinado principalmente por el equilibrio entre la ingestión y la salida de agua y sodio. (29), (30), (33).

Lo mencionado anteriormente se esquematiza en la figura 2:

**Figura 2. Componentes del ACT**



Tomado y adaptado de: Skorecki K. Disorders of sodium and water homeostasis (37)

### 1.2.2. Regulación del EH

El balance del estado de hidratación (BEH) precisa de una estrecha relación entre la entrada y salida de agua del cuerpo y está influenciado por la ingesta dietética, el nivel de actividad física, edad y condiciones ambientales (35). En condiciones normales, el BEH fluctúa en el transcurso de un día y generalmente regresa a su estado basal en un periodo de 24 horas (33).

Se considera que la ecuación del BEH consiste en un componente “regulado” y un componente “no regulado”, cuyas magnitudes pueden variar, bajo condiciones fisiológicas y fisiopatológicas (38). Dichos componentes se describen a continuación en el Cuadro 3:

**Cuadro 3. Componentes del BEH**

Componentes	No regulado	Regulado
<b>Ingesta de agua</b>	Contenido intrínseco de los alimentos y bebidas ingeridas por palatabilidad (café, bebidas alcohólicas, etc.).	Líquidos consumidos en respuesta a una sensación percibida de sed.
<b>Excreción de agua</b>	Pérdidas insensibles de agua: pérdidas cutáneas por sudoración, por espiración y gastrointestinales, así como excreción renal para la eliminación de solutos metabólicos.	Se incluyen aquellos componentes que actúan para mantener el equilibrio hídrico compensando cualquier perturbación de pérdidas o ganancias de agua no reguladas.

Tomado de: Lukaski HC. Et al. Bioelectrical Impedance Vector Analysis for Assessment of Hydration in Physiological States and Clinical Conditions, 2003 (30)

El BEH suele regularse como resultado de la sed y el hambre, lo cual se logra con respuestas neuroendocrinas y renales, que dependen de la osmolalidad (determinada por la relación solutos/agua), y el volumen plasmático (depende de la cantidad absoluta de sodio y agua) (3). Las modificaciones en la osmolalidad de un 2-3% implican intensos estímulos de percepción de sed, sin embargo, se necesitan descensos mayores de volumen plasmático (de hasta un 10%), para que se estimule la sed (36). Los mecanismos de osmorregulación y regulación de volumen se describen brevemente en el Cuadro 4 (4):

#### Cuadro 4. Mecanismos de osmorregulación y regulación del volumen

Variable afectada	Osmorregulación	Regulación del volumen
Sensores	Osmorreceptor hipotalámico	Seno carotídeo Seno aórtico Arteriola aferente auricular
Efectores	Hormona antidiurética	Sistema renina-angiotensina aldosterona Sistema nervioso simpático Péptido atrial natriurético Presión natriuresis ADH
Efecto final	Osmolalidad urinaria e ingesta de agua	Excreción urinaria de sodio

Tomado de: Mataix J. Tratado de nutrición y alimentación, 2009 (29).

Así, los mecanismos homeostáticos aseguran de manera colectiva que las variaciones del ACT se compensen en un corto plazo (3). La ingesta total de agua y electrolitos debe ajustarse de forma adecuada con pérdidas iguales para evitar que el volumen de los líquidos y la concentración de electrolitos aumenten o disminuyan (33). El Cuadro 5 muestra las vías diarias de ingestión y pérdida de agua del organismo.

#### Cuadro 5. Ingestión y pérdida de agua

Parámetro	Normal (ml/día)	Con ejercicio intenso y prolongado (ml/día)
<b>Ingestión</b>		
Líquidos ingeridos	2100	Desconocido
Del metabolismo	200	200
Ingesta total	2300	Desconocido
<b>Excreción</b>		
Cutánea insensible	350	350
Pulmonar insensible	350	650
Sudor	100	5000
Heces	100	100
Orina	1400	500
Excreción total	2300	6600

Tomado de: Guyton A, Hall J. Tratado de fisiología médica, 2011 (33).

Aunque el BEH se encuentra estrechamente regulado, los déficits o excesos pueden ocurrir, y resulta prudente definir sus conceptos, ya que suelen ser utilizados indistintamente:

- Euhidratación: Estado o situación del agua en equilibrio. Corresponde a un estado dinámico en el que constantemente se pierde agua y requiere un periodo recuperarlo.
- Hipovolemia (depleción de volumen): se refiere a una reducción del LEC, en relación con su capacidad. El volumen de los subcompartimentos intravascular y extravascular puede variar en la misma o diferente dirección.
- Hipohidratación: Estado de balance negativo del ACT (déficit de agua).
- Deshidratación: Aunque no existe un consenso sobre la definición, suele referir una pérdida del ACT, no compensada. La depleción de volumen y deshidratación, pueden y, con frecuencia, suelen ocurrir conjuntamente.
- Hipervolemia: se refiere a la expansión del volumen del LEC, que ocurre con una disminución de la excreción renal de sodio y agua, administración excesiva de líquidos intravenosos o paso de líquido plasmático a líquido intersticial.
- Hiperhidratación: Estado balance positivo del ACT (exceso de agua) (38), (39), (37), (40), (41), (42).

En resumen y como se mostró previamente en la Figura 2, el estado de hipo e hipervolemia, corresponden a una alteración en el LEC, mientras que la hipohidratación e hiperhidratación, hablan de alteraciones del ACT.

### **1.2.3. EH y comportamiento cardiopulmonar**

La carga de ejercicio y ambiental, así como condiciones fisiopatológicas, (tales como la CI), representan un desafío agudo mayor a la homeostasis del equilibrio hídrico y el comportamiento no está del todo dilucidado (40).

Cuando una persona ingiere agua, esta es absorbida desde el intestino delgado hacia el compartimento vascular, y está se moverá hacia los espacios intracelular e intersticial (43). El volumen sanguíneo y el volumen del LEC suelen controlarse de manera paralela (29), por lo que el compartimento vascular del LEC debe mantenerse para asegurar una perfusión tisular adecuada y de este modo, asegurar una liberación idónea de nutrimentos y la eliminación de los desechos metabólicos (44). El concepto de “volumen circulante arterial eficaz” es empleado para definir aquella fracción del LEC que está efectivamente perfundiendo los tejidos (45).

La ingesta aguda de agua reduce la FC e incrementa la presión arterial. El efecto en la respuesta presora y la FC ocurren en un intervalo de 15-20 minutos tras la ingesta de agua y puede durar hasta 60 minutos. La etiología de dicho fenómeno aun es controvertida, se ha propuesto tanto la acción del sistema nervioso simpático, como la participación del volumen plasmático, como se aprecia en la Figura 1 (46). Rochette y Patterson (2005), describieron que un EH mejorado (producto de un incremento en el consumo de agua) conduce a cambios en la presión arterial, derivado probablemente de un mayor volumen plasmático y sanguíneo, que a su vez aumenta la precarga cardiaca y el VS, este último, determinante del  $VO_2\text{max}$ , como se mencionó previamente (43).

Así, las enfermedades, lesiones y traumatismos quirúrgicos pueden romper el equilibrio de líquidos y electrolitos, alterando el ambiente celular y posteriormente, la función celular. Incluso pequeños cambios en el pH, concentraciones de electrolitos y estado de los líquidos pueden resultar en condiciones adversas. Un conocimiento profundo de la fisiología normal de los líquidos y electrolitos es el requisito para la prevención, el reconocimiento y tratamiento de desequilibrios en el EH y sus probables repercusiones (44).

#### **1.2.4. Métodos para evaluar el EH**

La importancia de las funciones que desempeña el ACT, y el conocimiento de que la alteración del BEH impacta en la morbilidad y mortalidad e influye en la adecuada función y rendimiento, enfatiza la necesidad de contar con métodos adecuados, precisos y confiables para evaluar el EH, sin embargo, hasta el momento, ninguno de los métodos disponibles tiene aceptación universal (47), (40), (48).

Existen numerosos métodos para evaluar el EH, cada uno con ventajas y desventajas y útiles para diferentes contextos. Los siguientes son ejemplos de los métodos más comunes para evaluar el EH:

**Cuadro 6. Métodos para evaluar el EH**

Método	Ventajas	Desventajas
<p align="center"><b>Dilución de isótopos</b></p> <p><u>Principio:</u> basada en la distribución de un trazador (lo más utilizados son deuterio, óxido de deuterio y oxígeno-18), tras la administración de oral o intravenosa. La concentración se mide en plasma u orina, tras 3-4 horas de la administración.</p>	<p>Capaz de medir el ACT</p> <p>Considerado el estándar de oro para medir los fluidos corporales a nivel de los compartimentos.</p> <p>Detecta cambios de 0.8 litros.</p>	<p>Se requieren condiciones técnicas significantes, por lo que no puede ser utilizado en grandes poblaciones</p> <p>Caros</p> <p>Se requiere entrenamiento para poder realizarlo</p>
<p align="center"><b>Diferencia de peso corporal</b></p> <p><u>Principio:</u> el contenido de ACT corresponde a 60% del PC aproximadamente, por lo tanto, los cambios agudos en el contenido de ACT pueden evaluarse determinando el cambio de PC.</p>	<p>Común y seguro</p> <p>Útil para evaluar deshidratación que ocurre en un periodo de 1-4 horas (con o sin ejercicio)</p> <p>Relevante para la medición en un momento dado</p>	<p>No refleja el EH durante un largo periodo de tiempo</p> <p>Requiere medidas de referencia</p>
<p align="center"><b>Osmolalidad plasmática</b></p> <p><u>Principio:</u> Dado que refleja la osmolalidad intracelular, se considera un buen marcador estándar para la evaluación del EH.</p>	<p>Altamente reproducible</p> <p>Coeficiente de variación de &lt;0.4%</p> <p>Útil para evaluar deshidratación crónica</p> <p>Variaciones intra e interindividuales bajas (1.3 y 1.5% respectivamente)</p>	<p>Poco útil en investigaciones de campo</p>
<p align="center"><b>Osmolalidad urinaria</b></p> <p><u>Principio:</u> En condiciones de deshidratación (en un individuo sano) se producirá poco volumen de orina, altamente concentrada, mientras que, con un alto consumo de líquidos, ocurrirá lo contrario. Depende de la cantidad de solutos (dependiente de la dieta) y el volumen de agua.</p>	<p>Método barato y no invasivo</p> <p>Útil para grandes poblaciones</p> <p>Permite detectar fácilmente la tendencia de la deshidratación</p> <p>Sensible (91%) a pequeños cambios en el EH</p>	<p>No útil en patologías como: diabetes insípida, etapa pre-terminal de la enfermedad renal crónica.</p> <p>Variación intra e interindividual (28.3% y 57.9% respectivamente)</p> <p>Difícil definir punto de corte.</p>

<p><b>Gravedad urinaria específica</b></p> <p><u>Principio:</u> corresponde a la medida de la densidad urinaria, definido como el peso de la orina comparado con un volumen igual de agua destilada.</p>	<p>Confiable: Baja variación intra e interindividual (0.4% y 0.1% respectivamente)</p> <p>Bajos requerimientos técnicos</p> <p>Consistente con la osmolalidad urinaria</p> <p>Medición rápida y precisa</p> <p>Especificidad de 91% y sensibilidad de 89%</p>	<p>Es afectada por el número y tamaño de partículas en la solución</p> <p>Falsos valores elevados cuando hay presencia de partículas grandes como la glucosa, proteínas y urea.</p>
<p><b>Análisis de impedancia bioeléctrica</b></p> <p><u>Principio:</u> los tejidos del cuerpo humano conducen la corriente eléctrica de manera diferente dependiendo del contenido de agua y electrolitos.</p> <p>Diferentes métodos han sido desarrollados.</p> <p><b>Análisis vectorial por impedancia bioeléctrica (BIVA).</b></p> <p>Enfoque alternativo que utiliza las relaciones espaciales entre resistencia y reactancia para evaluar la hidratación de los tejidos blandos.</p>	<p>No depende de ecuaciones o modelado (solo errores analíticos y variaciones intraindividuales de la composición corporal)</p> <p>Estudios de validación: confiable y valido (C.V. de 1.5-3.4%) en adultos de 70 kg.</p> <p>Relativamente poco costosos, no invasivos, fáciles de realizar.</p> <p>Validación de la longitud del vector Z como indicador confiable de del volumen de fluidos durante cambios dinámicos en el ACT</p> <p>Uso efectivo en condiciones clínicas (enfermedad renal, alteración hemodinámica y cirugía vascular)</p>	<p>Baja sensibilidad y alta especificidad en detectar depleción.</p> <p>Error estándar reportado (comparado con la dilución de isótopos) de 0.98-2.2 litros en LEC.</p> <p>Dificultad para distinguir cambios agudos de hidratación.</p>

Tomado de: (47) (40), (48)



#### **1.2.4.1. Análisis de impedancia bioeléctrica (BIA)**

El BIA se basa en el principio de que los tejidos biológicos se comportan como conductores en mayor o menor medida de la corriente eléctrica y/o dieléctricos (aislantes) dependiendo de su composición. Las soluciones electrolíticas intra y extracelulares de todos los tejidos blandos, en particular de los tejidos no grasos, son óptimos conductores, mientras que el hueso no es atravesado tan fácilmente por las corrientes eléctricas utilizadas y se comporta como un mal conductor. En el tejido adiposo, la corriente puede atravesar las soluciones electrolíticas del intersticio y los adipocitos, a exclusión de las gotas lipídicas, hidrofóbicas, que no conducen corriente (4).

El método de medida de la BIA convencional se basa en la inyección de una corriente eléctrica alterna de una intensidad muy pequeña, muy por debajo de los umbrales de percepción, en el cuerpo humano o en el tejido a medir. Esta corriente produce una tensión eléctrica, que es tanto mayor como mayor sea la impedancia eléctrica ( $Z$ ) del material. El equipo obtiene el valor de la impedancia ( $Z$ ) a partir de las medidas de amplitud de la corriente, amplitud de la tensión y el desfase entre tensión y corriente (ángulo de fase) (4).

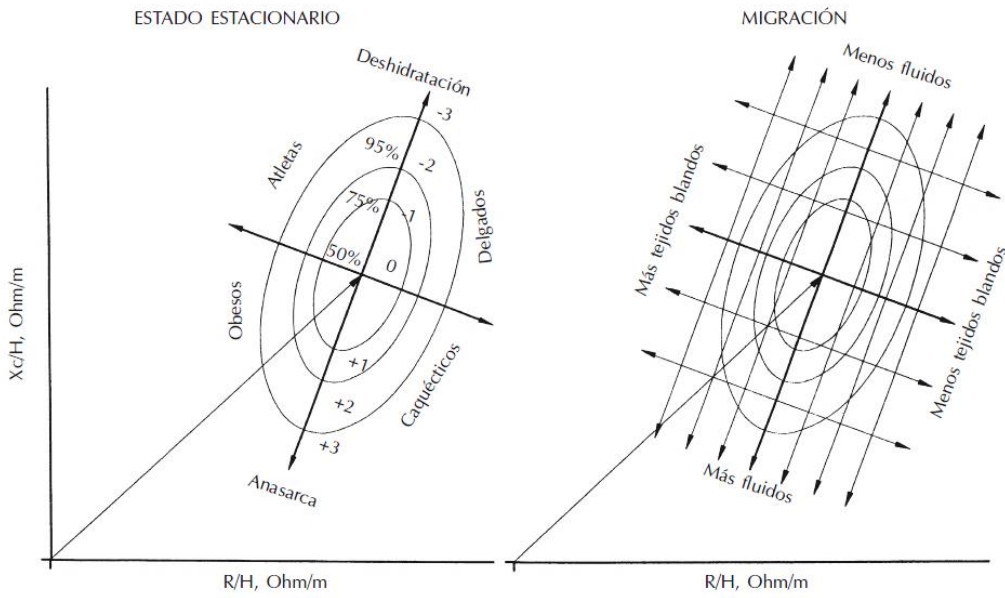
La impedancia  $Z$ , representa la oposición que muestran los materiales biológicos al paso de una corriente eléctrica alterna. Ésta se puede descomponer en dos miembros medibles: la resistencia ( $R$ ), determinada por el paso de la corriente a través de las soluciones electrolíticas intra y extracelulares y la reactancia ( $X_c$ ), determinada por las propiedades dieléctricas de los tejidos, o bien por la acumulación temporal de cargas sobre las membranas celulares o sobre otros interfaces sumergidos en la solución electrolítica, estructuras que se comportan como condensadores al paso de la corriente (48).

Las ecuaciones de regresión múltiple del BIA convencional, que incluyen generalmente estatura, peso, edad y sexo; transforman la propiedad eléctrica medida (impedancia) en volúmenes (intracelular, extracelular), masas (grasa, magra, celular), metabolismo basal, y otras variables (Na/K celular, densidad corporal) de composición corporal. En general, estos estimadores son más frágiles frente a violaciones de las hipótesis (típicamente la elevación de hidratación de los tejidos) cuando más aumenta su complejidad y dependencia con otras variables (48).

### 1.2.4.1.1. Análisis vectorial de Impedancia bioeléctrica

En el BIA vectorial (Bioelectrical Impedance Vector Analysis o BIVA), tanto las dos medidas  $R$  y  $X_c$ , conseguidas por el analizador BIA, son consideradas simultáneamente como miembros de análisis vectorial, denominado “Gráfica Resistencia-Reactancia” (Gráfica  $RX_c$ ), como se aprecia en la figura 3 (42), (43).

**Figura 3. Gráfica resistencia-reactancia**



Tomado de: Picolli, A. y cols. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica, 2002.

Cada vector individual puede ser comparado con las referencias de unas elipses que representan el 50, el 75 y el 95% de tolerancia para cada edad y tamaño corporal. El movimiento del vector de impedancia puede variar (emigrar) a diferentes zonas que se interpretan como estados de hipohidratación con largos vectores, hiperhidratación con vectores cortos y cambios a izquierda o derecha según cambios producidos en la MLG (49), (50).

El método proporciona resultados cualitativos que pueden ser visualizados como vectores e interpretados de la siguiente manera:

- Variaciones de la hidratación. Sin alteraciones de la estructura de los tejidos; se asocian con un acortamiento (hiperhidratación) o un alargamiento (hipohidratación), del vector de impedancia a lo largo del eje mayor de las elipses de tolerancia ( $\pm 2$  DE).
- Variaciones de la cantidad de tejidos blandos (masa celular y proteínas estructurales intersticiales hidrófilas, o bien, estado nutricional sin alteraciones de la hidratación de los tejidos). Están asociadas con una migración del sector en la dirección del eje menor de las elipses, con un aumento progresivo del ángulo de fase (obesidad para los vectores cortos, masa muscular para los vectores largos), o con una reducción progresiva del ángulo de fase (caquexia para los vectores cortos, anorexia para los vectores largos).
- Variaciones combinadas de hidratación y estructura de los tejidos. Están asociadas con migraciones del vector a lo largo de la combinación de las dos direcciones principales de los ejes (51).

Los métodos para evaluar CC deben ser capaces de detectar cambios clínicamente relevantes. Los valores óptimos de ACT, en específico del volumen del LEC, difieren considerablemente entre individuos sanos y con enfermedades graves (48).

Las variaciones combinadas de hidratación y estructura de los tejidos están asociadas con migraciones del vector a lo largo de la combinación de las dos direcciones principales de los ejes (48).

## 2. ANTECEDENTES

Acorde a la literatura revisada que se presenta a continuación, se puede decir que:

- El estudio de cohorte de Chan J. y cols. en el 2002, es uno de los más importantes en relacionar el consumo de agua con los eventos coronarios, lo cual es explicado por la influencia de la deshidratación en la reología sanguínea. Entre los resultados más importantes destaca que el consumo elevado de agua (considerado como 5 vasos o más), constituye un factor protector en hombres y mujeres, en relación con la mortalidad por enfermedad coronaria.
- Contrario a lo encontrado en dicho estudio, el estudio de Leurs L. y cols., en el 2010, no encontró asociación entre el consumo total de agua y la CI, sin embargo, encontró diferencias al analizar por tipos específicos de bebidas, como el café (asociación positiva entre el consumo de café y mortalidad por cardiopatía isquémica en hombres).
- El estudio de Rhola M. y cols en el 2014, muestra mediante un estudio pronóstico, que una vez establecida la CI (en este caso, SCA), la osmolalidad plasmática (un indicador del EH, como se mencionó anteriormente), influye, negativamente sobre la mortalidad (a mayor osmolalidad, mayor riesgo de mortalidad tanto a los 30 días, como a 1 año). Entre las limitaciones que tuvo el estudio se encuentran: diferencias entre los grupos de estudio y un 25% de la población en estudio los valores bioquímicos no fueron obtenidos inmediatamente.

**Tabla 1. Evidencia de estudios relacionados con el estado de hidratación y las ECV**

Estudio	Diseño del estudio y población	Exposición	Resultados
Chan J. y cols., 2002 (6)	Estudio de cohorte 8280 hombres, 12017 mujeres 38-100 años Criterios de Exclusión: enfermedades cardíacas, infartos, diabetes.	Seguimiento de 6 años Cuestionario de estilo de vida: dieta, consumo de bebidas y factores de riesgo tradicionales para enfermedad coronaria.  El estudio concluyó con 97% de los participantes.	246 eventos de enfermedad coronaria fatal. ↑Ingesta de agua (5 vasos o más) comparado con ↓ingesta (2 vasos o menos) se asocia con un RR: hombres 0.46 (IC 95%; 0.28-0.75), p = 0.001) y mujeres 0.59 (IC 95%: 0.36 - 0.97) (p=0.08), ajustado por edad. El estudio mostró diferencias entre el consumo de agua y otros líquidos diferentes a esta.

Leurs L. y cols, 2010 (52)	58279 hombres y 62573 mujeres, de 55-69 años del estudio de cohorte de Netherland (NLCS)  Submuestra: 5000 casos extraídos aleatoriamente de los individuos de base	La submuestra fue seguida cada dos años para obtener información sobre el estado vital. Cuestionario autocompletado: hábitos dietéticos, consumo de bebidas, antropometría y otros factores de riesgo y ECV. Se reportó la frecuencia y porción del consumo de bebidas.	No se encontró asociación entre el consumo total de líquidos entre el consumo y la mortalidad por CI; el consumo de menos de 1.5 litros de agua y CI RR= 0.99 (0.88, 1.11). Café: Asociación positiva entre el consumo alto de café y la mortalidad por CI en hombres: RR 1.09 (IC 95% 1.00-1.18) y asociación inversa en mujeres, RR= 0.88 (IC 95% 0.78-1.00).
Rhola M. y cols. 2014, (53)	Estudio de pronóstico, retrospectivo 985 pacientes  Con síndrome coronario agudo, sometidos a una intervención coronaria percutánea.	Cálculo de la osmolalidad plasmática (sodio, glucosa, BUN) en admisión. Los pacientes fueron estratificados por cuartiles (Q1-Q4) de osmolalidad y el resultado clínico, fue comparado entre los grupos. El desenlace primario fue la mortalidad intrahospitalaria a los 30 días y 1 año	La osmolalidad del Q4 se asoció con HR 2.75 (IC 95% 1.35–5.61, $p=0.005$ ) Análisis multivariado: Mayor mortalidad después de 30 días, HR 2.53, (IC 95% 1.23–5.21, $p=0.012$ ) y 1 año HR 1.73, (IC 95% 1.02–2.91, $p=0.04$ ), esto ajustado por filtración glomerular.

Existe poca evidencia respecto a las intervenciones en hidratación y el efecto de estas, en variables del comportamiento cardiopulmonar. Se mencionan a continuación, algunos estudios que en general comparan diferentes protocolos de hidratación y evalúan su efecto en variables del comportamiento cardiopulmonar, cuyos resultados son controvertidos. En el estudio de Southard T. y cols. en el 2004, se encontró que el  $VO_2$  fue menor tras el protocolo de deshidratación (restricción de líquidos de 12 horas, cuya cantidad no se indica), comparado con el protocolo de hidratación, diferencia que fue estadísticamente significativa. El estudio de Mendoca G. y cols. en el 2013, a diferencia de Southard T. y cols., no encontró asociación entre la hidratación y el  $VO_2$  o el  $PO_2$ , pero si halló cambios estadísticamente significativos en la FC, aunque no necesariamente relevantes a nivel clínico. Dichos estudios presentan algunas limitaciones, tales como: están orientados al ámbito del ejercicio, se efectuaron en poblaciones jóvenes, sin comorbilidades, denotan una conducción poco rigurosa, tienen pobre calidad en la presentación de los resultados obtenidos y carecen de muchos aspectos importantes de acuerdo con las guías de CONSORT, que podrían limitar la validez interna y externa.

**Tabla 2. Evidencia de estudios experimentales relacionados con el estado de hidratación y el comportamiento cardiopulmonar**

Estudio	Población	Intervención	Principales resultados
Southard T y cols. (54) 2004	15 individuos (hombres), cadetes de la academia de la fuerza armada  Edad: 18-22 años	Todos los participantes, completaron las 2 pruebas submáximas de ergometría  Protocolo de deshidratación: 12 horas de restricción de líquidos  Protocolo de hidratación: (volumen equivalente al 2% del peso corporal), 10 horas antes de la prueba y volumen adicional equivalente al 1% del PC, 30 minutos antes de la prueba.	Tras el periodo de 12 horas de restricción de líquidos se registró un cambio de peso de $1.2 \pm 0.05\%$ y en la gravedad específica de orina $0.017 \pm 0.008\%$ (mínimamente deshidratados).  La gravedad específica de la orina fue significativamente más alta en la prueba de deshidratación vs el pr de 12 horas de hidratación (abstinencia y consumo), para inducir a estado de euhidratación e hipohidratación. El $VO_2$ máx, fue significativamente menor en la prueba de deshidratación: $3398.3 \pm 795.5$ , vs $3763.8 \pm 840.3$ , en el protocolo de hidratación ( $p < 0.01$ ). Conclusión: Los datos sugieren que el EH afecta las estimaciones submáximas de $VO_2$ máx basadas en la frecuencia cardíaca.
Mendoza G. y cols. 2013 (55)	19 individuos (10 hombres, 9 mujeres), sanos, activos (9 horas de actividad física por semana)  Edad $20.9 \pm 1.8$ años  Criterios de exclusión: tabaquismo, obesidad, ECV, enfermedades metabólicas	Protocolos de rampa en reposo y estandarizada en 2 ocasiones diferentes.  Ingesta de 50 ml de agua y 500 ml de agua, antes de completar un protocolo de carga incremental en cicloergómetro, en 2 días diferentes.  Indicaciones: Evitar ejercicio intenso las 24 horas previas, así como alimentos o bebidas a partir de las 00:00 horas. Tomar 1 litro de agua dentro de las 8 horas previas (previo a las 00:00 horas) Evaluación entre las 8:00-11:00 horas.  Control de temperatura y humedad	<b>50 ml/ vs 500 ml</b> No hubo diferencias en la gravedad urinaria, previo a la ingesta de agua ( $1.015 \pm 0.004$ vs $1.015 \pm 0.006$ ).  Reposo: Hombres y mujeres presentaron bradicardia compensatoria ( $F=6.5$ , $p > 0.05$ ). $\uparrow$ TAD y TAM ( $p < 0.05$ ), tras la ingesta de 500 ml de agua ( $p < 0.05$ ).  <b>Basal/ umbral ventilatorio/máximo 50 ml vs 500 ml</b> El consumo de 500 ml de agua no se asoció con el $PO_2$ ( $4.1 \pm 1.2$ , $13.5 \pm 4.2$ , $16.8 \pm 4.7$ vs $4.2 \pm 1.5$ , $13.8 \pm 4.2$ , $16.9 \pm 4.6$ ) o el $VO_2$ ( $3.9 \pm 0.8$ , $30.3 \pm 6.9$ , $45.2 \pm 8.5$ vs $3.9 \pm 1.0$ , $29.9 \pm 6.3$ , $45.2 \pm 7.6$ ) en reposo, ejercicio submáximo o máximo.  Se encontraron cambios estadísticamente significativos ( $< 0.05$ ) en la FC durante el umbral ventilatorio ( $153 \pm 13.1$ vs $148.8 \pm 12.2$ ) al comparar ambas intervenciones, mientras que en el ejercicio máximo se obtuvieron valores de $183 \pm 8.9$ vs $181.7 \pm 9.6$ , lo cual no fue estadísticamente significativo.

**Tabla 3. Análisis de la calidad de los ensayos clínicos antecedentes**

<b>CONSORT</b>	<b>Southard, T. et al. 2004 (44)</b>	<b>Mendoza, G. et al. 2005 (43)</b>
Título y resumen	X	X
Antecedentes	X	X
Objetivos		X
Diseño del ensayo		
Participantes	X	X
Intervenciones		X
Resultados		X
Tamaño muestral		
Aleatorización		
Flujo de participantes		
Reclutamiento		
Datos basales		X
Análisis secundarios		X
Daños		
Limitaciones	X	X
Generalización		
Interpretación	X	X
Registro		
Financiación		

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El EH constituye una medida cuantitativa o semicuantitativa del agua o fluidos contenidos en el cuerpo, y está definido por el equilibrio entre la salida y entrada de agua. Aunque el BEH se encuentra estrechamente regulado, la carga de ejercicio y ambiental, así como condiciones fisiopatológicas, representan un desafío agudo mayor a la homeostasis del equilibrio hídrico y su comportamiento no está del todo dilucidado.

Es difícil describir el EH, así como los extremos de este, ya que los patrones de ingesta y excreción son pobremente documentados y la regulación del BEH es compleja y dinámica, por lo cual, existe poca evidencia acerca de su evaluación y la frecuencia de sus alteraciones, especialmente en condiciones clínicas; tal es el caso de la CI.

La CI, constituye un importante problema de salud pública en México y en el mundo, ya que figura entre las principales causas de mortalidad y carga de la enfermedad. Dicha patología, describe un grupo de síndromes clínicos caracterizados por isquemia miocárdica, un desequilibrio entre la demanda y el aporte de oxígeno por dicha capa muscular. La causa más frecuente de CI es la enfermedad aterosclerótica de una arteria coronaria epicárdica, al reducir la luz de las arterias coronarias, lo cual limita el incremento correspondiente de la perfusión cuando aumenta la demanda, como sucede durante el ejercicio o la excitación.

Tras el desarrollo de CI, se considera que existen variables clínicas que determinan el pronóstico de los pacientes, tales como: presión arterial elevada, así como disminución en el  $VO_2$ ,  $PO_2$ , FC de reserva y GC, que pueden ser evaluadas con la PE de forma dinámica y confiable, y cuya información sirve para establecer las pautas de tratamiento en los programas de rehabilitación cardíaca.

El EH ha sido propuesto como un factor que modifica el flujo y viscosidad sanguínea, a través de su relación con el volumen plasmático, y en diferentes estudios se ha asociado con alteraciones en el comportamiento cardiopulmonar (cronotropismo e inotropismo cardíaco,  $VO_2$  y  $PO_2$ ), sin embargo, a pesar de la relación que guarda el EH con variables de relevancia para la CI, no ha sido estudiado en dicha población.



#### **4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es la relación entre el estado de hidratación y el comportamiento cardiopulmonar (consumo de oxígeno máximo alcanzado, frecuencia cardíaca de reserva y pulso de oxígeno) en pacientes adultos (mayores a 18 años) con cardiopatía isquémica, durante una prueba de ejercicio (con protocolo de bruce-modificado rampado en banda sin-fin)?

## **5. JUSTIFICACIÓN**

La CI es un problema de salud pública en la que convergen diversos factores, tanto en el desarrollo de la enfermedad, como en el curso clínico de la misma; muchos de ellos de índole modificable.

La alteración del BEH es una consecuencia de la progresión de la CI, especialmente cuando la FEVI disminuye y se desarrollan los signos y síntomas característicos de la insuficiencia cardiaca. Sin embargo, las alteraciones en el EH pueden tener un comienzo insidioso, y no se sabe con claridad si tienen repercusiones clínicas desde etapas tempranas.

Así, este estudio podría ayudar a identificar y medir la ocurrencia de alteraciones en el EH en los pacientes con CI, y a explorar la relación que guarda el EH con el comportamiento cardiopulmonar en la PE, dada la potencial relación que guarda con los componentes de dicho comportamiento y la adaptación aguda al ejercicio.

Los resultados, podrían guiar la dirección a seguir en el protocolo que circunda a la PE, considerando por un lado su efecto a corto plazo y por otro, la susceptibilidad a ser modificado de forma relativamente fácil; e instar a la posterior realización de otras investigaciones que ayuden a establecer recomendaciones puntuales respecto al consumo de líquidos en materia de estratificación, prescripción del ejercicio, tratamiento y prevención.

## **6. HIPÓTESIS**

El estado de hidratación alterado (hipohidratación o hiperhidratación), modifica negativamente el comportamiento cardiopulmonar (menor consumo de oxígeno máximo alcanzado, frecuencia cardiaca de reserva y pulso de oxígeno) en pacientes adultos (hombres y mujeres >18 años) con cardiopatía isquémica durante una prueba de ejercicio (con protocolo de bruce-modificado rampado en banda sin-fin).

## 7. OBJETIVOS

### General

Describir la relación que existe entre el estado de hidratación y el comportamiento cardiopulmonar (consumo de oxígeno máximo alcanzado, frecuencia cardiaca de reserva y pulso de oxígeno) en pacientes adultos (hombres y mujeres <18 años) con cardiopatía isquémica durante una prueba de ejercicio (con protocolo de bruce-modificado rampado en banda sin-fin).

### Específicos

- Evaluar el estado de hidratación en los pacientes con cardiopatía isquémica, candidatos a una prueba de ejercicio
- Evaluar el comportamiento cardiopulmonar (consumo de oxígeno máximo alcanzado, frecuencia cardiaca de reserva y pulso de oxígeno) de los pacientes con cardiopatía isquémica durante una prueba de ejercicio.

## 8. METODOLOGÍA

### Tipo de estudio

Transversal analítico

### Población de estudio

Pacientes adultos con cardiopatía isquémica sometidos a una prueba de ejercicio en el Servicio de Rehabilitación Cardíaca

### Tamaño de la muestra

El tamaño de muestra se calculó a partir de la fórmula para estimar  $p$ , con un límite  $B$  para estimar la proporción de en una población, como se muestra a continuación:

$$n = \frac{N p q}{(N-1) D + p q} \quad D = \frac{B^2}{4}$$

Donde:

**n** = Tamaño de la muestra

**N (total poblacional)** = pacientes atendidos en el servicio de rehabilitación cardíaca, en el CMN 20 de noviembre del ISSSTE, en el último año.

**p (proporción de interés)** = 0.012, de acuerdo a la incidencia de enfermedad coronaria (246 eventos, de los 20297 sujetos incluidos en el estudio) durante el estudio de Chan J. y cols. 2002).

**q** = 1 - p

**B** = Magnitud del límite de error

$$n = \frac{2722 (0.012)(0.988)}{2721(0.0001)+0.011856}$$

$$n = \frac{32.272032}{0.283956} = 113.61 \approx 114 \text{ pacientes}$$

## **Tipo de muestreo**

Muestreo no probabilístico, por conveniencia. Se incluyeron a todos aquellos pacientes que cumplían con los criterios de selección.

## **Criterios de selección**

### Criterios de inclusión

- Pacientes del servicio de rehabilitación cardiaca del CMN “20 de noviembre” del ISSSTE
- Mayores de 18 años
- Diagnóstico de Cardiopatía Isquémica
- Candidatos a realizar una prueba de ejercicio (ya sean externos o programados para iniciar un programa de rehabilitación cardiaca)

### Criterios de exclusión

- Comorbilidades como: anemia, enfermedad renal, daño hepático
- Reporte de diarrea o vómito agudo
- Incapacidad física para realizar la prueba

### Criterios de eliminación

- Retiro de consentimiento
- Prueba de ejercicio no completada

## **Procedimientos**

Se describen a continuación los procedimientos de selección, medición y análisis

### **Selección:**

1. Semanalmente se revisó la agenda del servicio de rehabilitación cardiaca para identificar las PE programadas por día.
2. Posteriormente, se procedió al expediente electrónico de dichos pacientes agendados, para identificar si cumplían con los criterios de selección. En caso de que la información estuviera parcial o totalmente ausente, se entrevistó directamente a los sujetos.
3. A aquellos pacientes que cumplían con los criterios de selección, el día que acudieron a la PE programada, se les invitó a participar, explicando los objetivos del estudio, las mediciones a efectuar y procedimientos a realizar, así como el tiempo que implicaba.

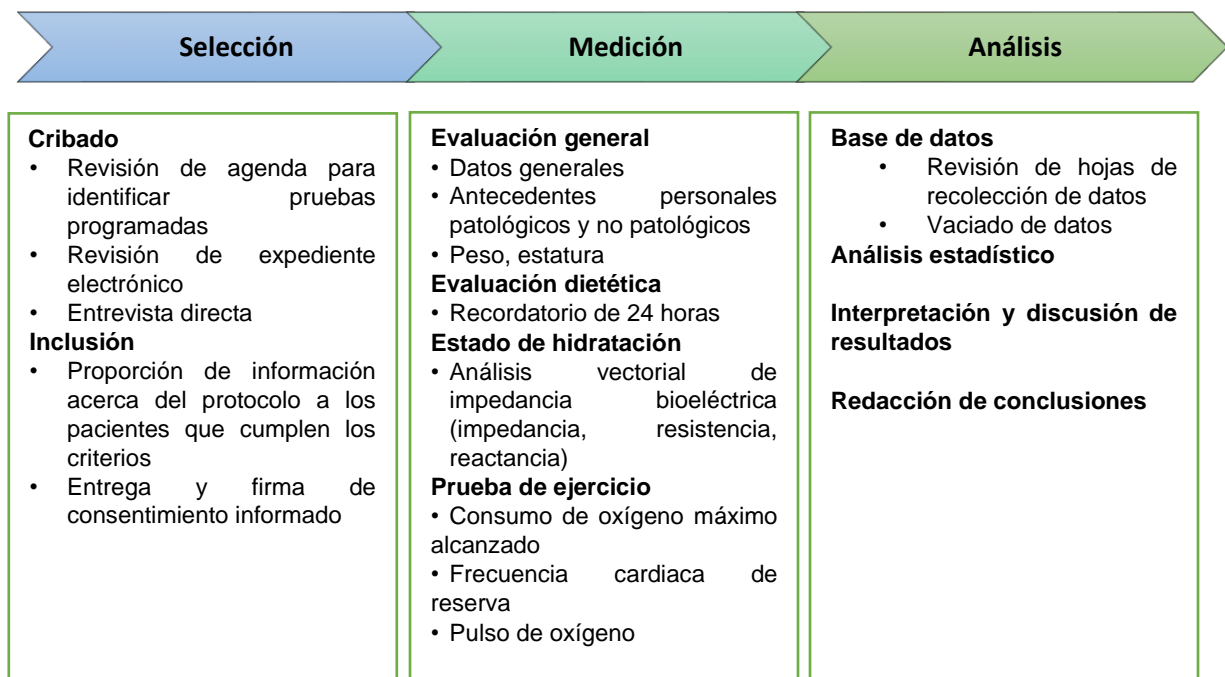
4. A aquellos pacientes que aceptaron participar, se les proporcionó la carta de consentimiento informado (Anexo 2), para su lectura y firma.

## Medición

5. Previo a la PE se recabaron datos generales, antecedentes personales patológicos y no patológicos, se llevó a cabo la evaluación dietética (recordatorio de 24 horas) y la evaluación antropométrica y de CC (mediciones de peso, estatura e impedancia bioeléctrica).
6. Posteriormente, el paciente llevó a cabo la PE, de la cual se extrajeron los datos del comportamiento cardiopulmonar.
7. Toda la información se concentró en la hoja de recolección de datos (Anexo 3).

## Análisis

1. Se verificó que las hojas de recolección de datos hubieran sido completadas adecuadamente para su posterior vaciado en la base de datos de Excel
2. Una vez concluida la fase de elaboración del estudio, se procedió a realizar el análisis estadístico correspondiente
3. Al contar con los resultados, estos fueron interpretados y discutidos para finalmente presentar las conclusiones.



## **Evaluación antropométrica y de CC**

Peso corporal: Se pesó a los pacientes con una báscula calibrada marca **SECA® modelo 813**, con la técnica descrita por ISAK y con el mínimo de ropa posible. Se cotejó que la báscula se encuentre en "0" y se pidió al sujeto que se colocara en el centro de la misma, sin apoyo y con su peso distribuido equitativamente en ambos pies. Se anotó la hora de la medición, considerando que esta influye en el resultado obtenido, y que su estandarización resulta complicada.

Estatura: La estatura se midió con un estadímetro marca **SECA® modelo 220**, con la técnica descrita por ISAK: se pidió al sujeto que se colocara de espaldas a la escala, derecho, con talones juntos y las puntas de los pies separados, en plano de Frankfort. El plano de Frankfort se obtuvo cuando el borde inferior de la cuenca del ojo (orbitale) estaba en el mismo plano horizontal de la protuberancia superior del tragus del oído (tragion), una vez alineado, el vértex, es el punto más alineado del cráneo. Se indicó al sujeto que tomara y sostuviera una inspiración profunda, sosteniendo la cabeza en el plano Frankfort, mientras el evaluador aplicaba una tracción moderada en dirección hacia arriba en el proceso mastoideo; se ubicó la escuadra firmemente sobre el vértex comprimiendo el cabello lo más que se pueda.

Composición corporal: La CC se midió mediante el método de impedancia bioeléctrica multifrecuencia con un aparato RJL; para esta medición se solicitó a los pacientes estar en ayuno mínimo de 1 hora; se les pidió que se despojaron de todos los materiales de metal para que estos no interfieran con las frecuencias eléctricas que produce el aparato. Para la medición, se les pidió que se recostaran boca arriba y posteriormente se les colocaron cuatro electrodos, dos en la mano y dos en el pie (ambos del lado derecho) para tomar la lectura de las mediciones. Los resultados que se obtuvieron de cada uno de los pacientes se graficaron de acuerdo al BIVA, tomando en cuenta el valor de la resistencia y reactancia entre altura, de acuerdo a los valores de referencia de Piccoli y cols. 2002 (56), adaptados para población mexicana. Con estos datos se ubicó a cada individuo en las elipses de tolerancia correspondientes al sexo. En dicha gráfica se observó la ubicación del paciente en un cuadrante y percentil específico, para determinar su composición corporal

## **Evaluación dietética**

Recordatorio de 24 horas: en el cual se reportaron todos los alimentos y bebidas que el paciente consumió un día anterior a la visita (a excepción de los fines de semana), los horarios de cada comida, la cantidad aproximada y grupos de alimentos.

## **Prueba de ejercicio**

Se realizó una PE, mediante el protocolo de Bruce modificado, rampado, en una banda sin fin, se les colocaron electrodos en el tronco para el monitoreo de la FC, se recomendó a los pacientes llevar ropa cómoda y no haber realizado alguna actividad física vigorosa por lo menos un día antes, así como un periodo de ayuno de 4 horas. Dicha prueba consistió en caminar sobre una banda sin fin, a una velocidad constante simulando una caminata normal (periodo de adaptación), posteriormente cada 3 minutos se aumentó la velocidad y la inclinación de la banda haciendo más demandante la caminata; la prueba se detuvo cuando el paciente alcanzaba su FC diana o si presentaba algún malestar durante la realización de la misma. De dicha prueba se tomaron los datos de  $VO_2$  (pico o máximo, dependiendo de lo que hayan alcanzado los pacientes),  $PO_2$  y FC de reserva.

## **Recursos humanos**

- Investigadora: Se encargó de realizar las mediciones correspondientes al área nutricional, así como la recolección, manejo y análisis de datos.
- Rehabilitador cardiaco (residente): se encargó de realizar y monitorear la prueba de ejercicio.

## **Recursos materiales**

- Báscula Seca
- Estadímetro Seca
- Equipo de impedancia bioeléctrica (RJL)
- Electrodo
- Banda sin fin
- Hojas de concentración de datos



### **Recursos financieros**

- Los materiales fueron provistos por el CMN 20 de noviembre del ISSSTE, la investigadora únicamente se encargó de la financiación de hojas e impresiones.

### **Unidad de análisis**

Pacientes adultos con CI candidatos a realizar una PE.

### **Lugar del estudio**

Servicio de rehabilitación cardíaca del Centro Médico Nacional “20 de noviembre”, del ISSSTE.

### **Análisis estadístico**

Los datos se capturaron en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel 2019 y se analizaron con los programas estadísticos Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 25 y Statistics and Data (Stata) versión 14.

- Análisis univariado: las variables cualitativas fueron reportadas por medio de frecuencias y porcentajes. En el caso de las variables cuantitativas, se determinó el tipo de distribución, por medio de la prueba de Kolmogorov Smirnov (dada la cantidad de datos), para establecer si se calculaban medias y desviación estándar o mediana y percentiles (25 y 75).
- Análisis bivariado: Para los datos cualitativos se aplicó la prueba Chi cuadrada de Pearson o prueba exacta de Fisher, según correspondiera. Para las variables cuantitativas se utilizó la prueba de ANOVA en caso de comprobar distribución paramétrica y homocedasticidad de varianzas (prueba de Levene), en caso contrario, se utilizó la prueba Kruskal Wallis; en caso de encontrar significancia se recurrió a la prueba de bondad de ajuste de Bonferroni o la prueba de U Mann Whitney, respectivamente, para identificar en donde se encontraban las diferencias.

## 9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Unidad de análisis	Tipo de variable y categorías
ANTECEDENTES	Sexo	Totalidad de las características de la estructura reproductiva, funciones, fenotipo y genotipo que diferencian entre hombre y mujer (término MeSH "sex".)	Por interrogatorio directo	Mujer Hombre	Cualitativa nominal
	Edad	Periodo de tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta un momento concreto (término MeSH "age").	Por interrogatorio directo  Años cumplidos al momento del estudio	Años	Cuantitativa continua
	Fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI)	Medida expresada en porcentaje de la cantidad de sangre que bombea el ventrículo izquierdo con cada contracción Waghlikar K. y cols. 2018.	Dato obtenido por medio de un ecocardiograma	%	Cuantitativa continua
	Peso corporal	Masa o cantidad de pesadez de un individuo, expresada en kilogramos. (Término MeSH, "body weigth").	Peso inicial – peso medido previo a la prueba de ejercicio  Peso final- peso medido al final de la prueba de esfuerzo	Kilogramos, gramos	Cuantitativa continua

ANTECEDENTES	Estatura	Distancia desde la suela hasta la coronilla de la cabeza con el cuerpo parado sobre una superficie plana y completamente extendido (Término MeSH "body height").	Medición en bipedestación de la altura comprendida entre pies y cabeza	Metros y centímetros	Cuantitativa continua
	IMC	Indicador simple de la relación entre el peso y la estatura que se utiliza frecuentemente para identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos (OMS).	Se calcula dividiendo peso (kg) entre estatura (m <sup>2</sup> )	Kg/m <sup>2</sup>	Cuantitativa continua
	Tolerancia máxima al ejercicio	Capacidad de realizar tareas diarias y realizar actividades físicas en un estado altamente funcional, a menudo como resultado del acondicionamiento físico (Término MeSH "physical fitness")	Variable obtenida de la PE	METS (Equivalente metabólico)	Cuantitativa continua
	Estado de nutrición	Estado del cuerpo en relación con el consumo y la utilización de nutrimentos (Término MeSH "nutrition status")	Clasificación obtenida de los percentiles y cuadrantes de la gráfica de resistencia-reactancia, con los valores obtenidos de la impedancia bioeléctrica.	Clasificación de BIVA: Normal Masa muscular disminuida Obesidad	Cualitativa nominal
INDEPENDIENTE	Estado de hidratación	Medida cuantitativa de agua o fluidos contenidos en el cuerpo de un organismo vivo (Término MeSH "organism hydration status").	Medida semicuantitativa obtenida de los percentiles y cuadrantes de la gráfica de resistencia-reactancia, con los valores obtenidos de la impedancia bioeléctrica.	Clasificación de BIVA: Euhidratación: ±2DE Hipohidratación: alargamiento del vector >+2DE Hiperhidratación: acortamiento del vector >-2DE	Cualitativa nominal

INTERACTORAS	Consumo de líquidos	Ingesta de líquidos derivados de alimentos y bebidas	Consumo de líquidos en bebidas y alimentos referidos en el recordatorio de 24 horas	ml/día	Cuantitativa continua
	Consumo de diuréticos	Ingesta de medicamentos diuréticos como parte de su tratamiento farmacológico habitual	Dato obtenido mediante interrogatorio directo	Si/No	Cualitativa nominal
	Consumo de beta-bloqueadores	Ingesta de medicamentos betabloqueadores como parte de su tratamiento farmacológico habitual	Dato obtenido mediante interrogatorio directo	Si/No	Cualitativa nominal
DEPENDIENTES	Consumo de oxígeno máximo alcanzado (VO <sub>2</sub> )	Cantidad de oxígeno (O <sub>2</sub> ) que el organismo puede absorber de la atmósfera, transportar a los tejidos y consumir por unidad de tiempo (Aros, F. y cols., 2000).	Mayor valor de VO <sub>2</sub> alcanzado en una PE incremental (pico/máximo)	ml de oxígeno/kg/min	Cuantitativa continua
	Pulso de oxígeno (PO <sub>2</sub> )	Es la cantidad de O <sub>2</sub> consumido durante un ciclo cardíaco completo (ml/latido) (Aros, F. y cols., 2000).	Resultado de la relación consumo de oxígeno/frecuencia cardíaca	ml de oxígeno/latido	Cuantitativa continua
	Frecuencia cardíaca de reserva	Diferencia de la frecuencia cardíaca máxima y la frecuencia cardíaca basal (Cheng, Y. y cols. 2002)).	Se calcula mediante los valores obtenidos de la PE	Latidos/minuto	Cuantitativa continua
	Respuesta cronotrópica	Capacidad del corazón para incrementar la FC proporcional al aumento de la demanda metabólica del cuerpo durante el ejercicio (Jin, L. y cols. 2016).	Resultado del cálculo de: FC máxima-FC basal/METs	Laditos/METs	Cuantitativa continua

## 10. ASPECTOS ÉTICOS

De acuerdo con la Ley General de Salud en materia de Investigación en Salud, se trata de una investigación con riesgo mínimo.

Este proyecto de investigación deriva de la línea de investigación: evaluación, seguimiento e intervención cardio-nutricional sobre el estado funcional, físico y de nutrición en pacientes con cardiopatía isquémica y/o insuficiencia cardiaca sometidos a un programa de rehabilitación cardiaca.

Los comités institucionales de Investigación, Bioseguridad y Ética en Investigación del CMN “20 de noviembre” han revisado los objetivos y la conducción del estudio. Los dictámenes de aprobación fueron enviados y se otorgó el número de 393.2019 (Anexo 6).

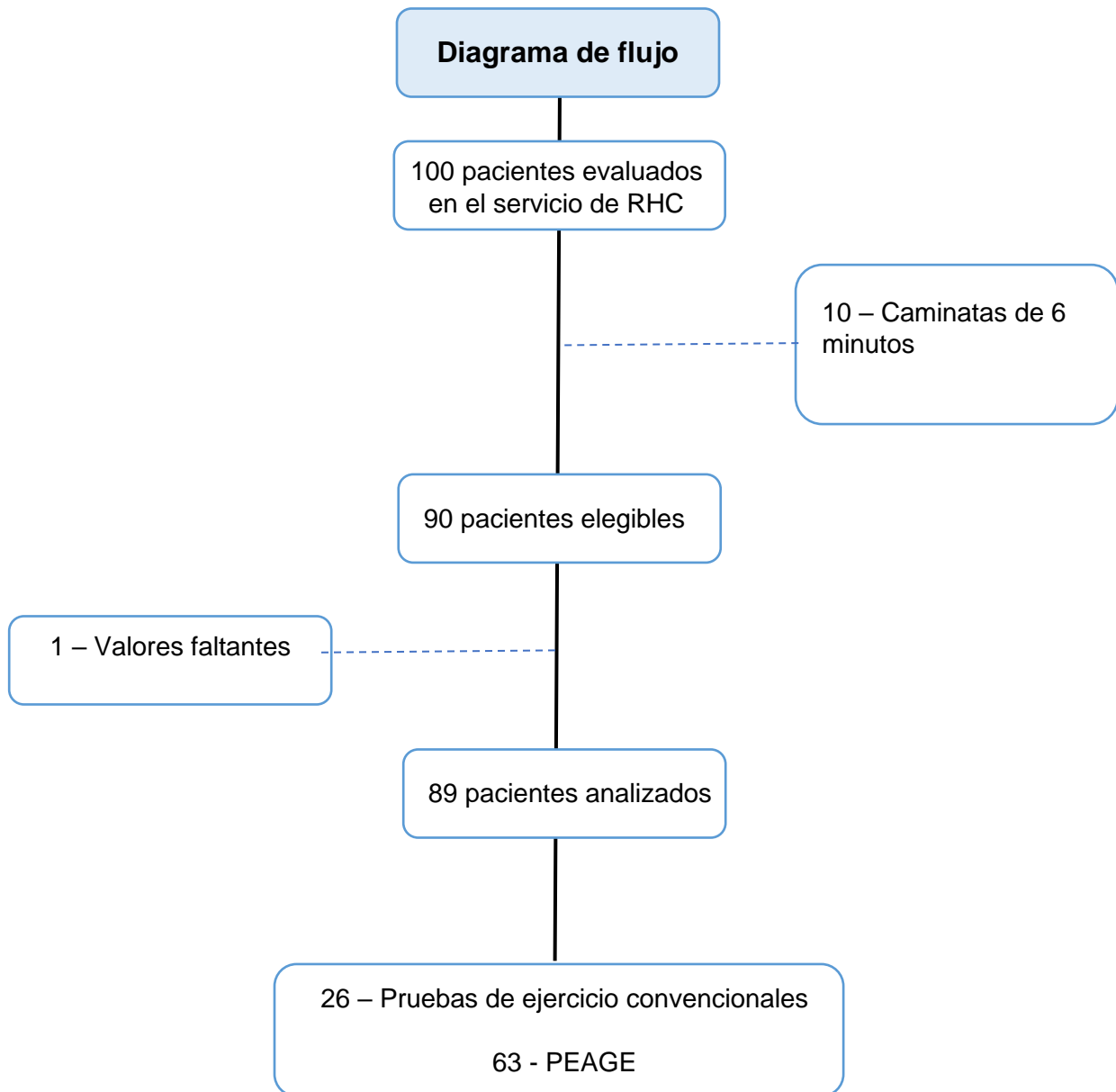
Todos los pacientes que decidieron formar parte del estudio, firmaron una carta de consentimiento informado (Anexo 2) antes de ingresar al estudio, en la que se explicó el propósito, los beneficios, riesgos y responsabilidades durante la permanencia de la investigación.

La decisión de participar en el estudio es responsabilidad solamente del paciente, así como de retirarse del estudio si así lo deseaban; su decisión no afectó de ningún modo la atención médica o nutricional.

Los datos recabados se mantendrán de manera confidencial, solo el personal autorizado del Servicio de Rehabilitación Cardiaca y de la Coordinación de Investigación del CMN 20 de noviembre del ISSSTE, podrá tener acceso a la información.

## 11. RESULTADOS

Se reclutó un total de 100 pacientes con diagnóstico de CI de forma consecutiva (que cumplían con los criterios de selección) del servicio de rehabilitación cardiaca, los cuales fueron considerados para realizar una PE. De estos pacientes, 10 fueron evaluados a través de caminatas de 6 minutos y de 1 paciente no pudieron ser evaluados sus valores; por lo tanto 63 sujetos fueron evaluados mediante una PEAGE y 26 realizaron una prueba de ejercicio convencional., como se observa en el siguiente diagrama de flujo.



**Tabla 4. Características generales de la población**

	<b>N=89</b>
<b>Edad (años)</b>	62.6 ± 10.4
<b>Sexo</b>	
Hombres n (%)	71 (79.8)
Mujeres n (%)	18 (20.2)
<b>FEVI (%)</b>	51.7 ± 11.7
<b>Consumo de agua (ml/día)</b>	1024 (717.3-1471)
<b>Comorbilidades</b>	
Hipertensión arterial n (%)	64 (71.9)
Diabetes Mellitus tipo II n (%)	38 (42.7)
Dislipidemia n (%)	58 (65.2)
<b>Consumo de medicamentos</b>	
Diuréticos n (%)	67 (75.3)
Beta bloqueadores n (%)	55 (61.8)
<b>Parámetros antropométricos</b>	
Índice de Masa Corporal (kg/m <sup>2</sup> )	26.5 (24.1-28.6)
<b>Estado de Nutrición (BIVA)</b>	
Normal n (%)	27 (30.3)
Baja masa muscular n (%)	31 (34.8)
Obesidad n (%)	31 (34.8)
<b>Estado de hidratación (BIVA)</b>	
Hipohidratación n (%)	6 (6.7)
Euhidratación n (%)	24 (27)
Hiperhidratación n (%)	59 (66.3)
<b>Variables de la prueba de ejercicio (comportamiento cardiopulmonar)</b>	
METs carga	7.7 (5.4-9.7)
FC reserva (latidos/minuto)	53.4 ± 21.2
VO <sub>2</sub> máximo alcanzado (ml/kg/min)	27 (18.9-34)
PO <sub>2</sub> (ml O <sub>2</sub> /latido)	15 (10.4-20.1)
Respuesta cronotrópica (latidos/MET)	7.3 (5.8-9.8)

FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; FC: frecuencia cardiaca, VO<sub>2</sub>: consumo de oxígeno; PO<sub>2</sub>: pulso de oxígeno.  
 Variables cualitativas: son presentadas en frecuencias y porcentajes  
 Variables cuantitativas: son presentadas en medias y DE o medianas y p25 y p75, acorde a la distribución

Dentro de las características de la población estudiada (Tabla 4) encontramos que la media de edad fue de 62.6 ± 10.4 años, hubo una mayor proporción de hombres y la FEVI tuvo una media de 51.7 ± 11.7%. Poco más del 70% de la población presentó hipertensión arterial, menos del 50% diabetes mellitus y 65.2% dislipidemia. El consumo de agua tuvo una mediana de 1024 (717.3-1471) ml/día. Respecto al tratamiento farmacológico, se encontró un elevado consumo diuréticos y beta bloqueadores (75.3% y 61.8%, respectivamente). En relación a las variables antropométricas y de CC, se observó que el IMC tuvo una mediana de 26.5 kg/m<sup>2</sup>, mientras que los resultados del BIVA mostraron que el 30.3% de la población tenía un estado de nutrición normal, y el resto de los pacientes presentaron baja masa muscular y obesidad, en igualdad de proporciones (34.8%).

En las variables de la PE, se obtuvieron valores de medianas de 7.7 METs carga, 27 ml/kg/min de VO<sub>2</sub> máximo alcanzado y 15 ml O<sub>2</sub>/latido de PO<sub>2</sub>, así como medias 53.4 latidos/minuto en la FC de reserva y 7.3 latidos/MET de respuesta cronotrópica.

**Tabla 5. Características de la población por estado de hidratación**

	Hipohidratación N = 6	Euhidratación N = 24	Hiperhidratación N = 59	p
<b>Edad (años)</b>	61.8 ± 13.5	59.5 ± 9.7	63.9 ± 10.3	0.231
<b>Sexo</b>				
Hombres n (%)	2 (33.3)	20 (83.3)	49 (83)	<b>0.028</b>
Mujeres n (%)	4 (66.7)	4 (16.7)	10 (17)	
<b>FEVI (%)</b>	47.6 ± 11.3	53.3 ± 10.1	51.5 ± 12.6	0.679
<b>Consumo de agua (ml/día)</b>	421 (202.6-1171.2)	1052.2 (830.4-1323.8)	1027.2 (743.6-1493)	0.241
<b>Comorbilidades</b>				
Hipertensión arterial n (%)	3 (50)	16 (66.7)	45 (76.3)	0.315
Diabetes Mellitus II n (%)	1 (16.7)	4 (16.7)	33 (55.9)	<b>0.002</b>
Dislipidemia n (%)	3 (50)	14 (58.3)	41 (69.5)	0.452
<b>Consumo de medicamentos</b>				
Diuréticos	2 (33.3)	5 (20.8)	15 (25.42)	0.779
Beta bloqueadores	2 (33.3)	13 (54.2)	40 (67.8)	<b>0.018</b>
<b>Parámetros antropométricos</b>				
ÍMC (kg/m <sup>2</sup> )	24.8 (23.1-26.5)	27.1 (23.9-28.6)	26.5 (24.4-29.3)	0.332
<b>Estado de nutrición</b>				
Normal n (%)	2 (33.3)	24 (100)	1 (1.7)	
Baja masa muscular n (%)	4 (66.7)	0	27 (45.8)	<b>&lt;0.0001</b>
Obesidad n (%)	0	0	31 (52.5)	
<b>Variables de la prueba de ejercicio</b>				
METs carga	6.5 (2.8-8.8)	8.4 (7.1-11.3)	7.3 (4.6-9.1) ***	<b>0.031</b>
FC reserva (latidos/minuto)	46.3 ± 17.8	61.5 ± 22.7	50.8 ± 21.9	0.120
VO <sub>2</sub> máximo alcanzado (ml/kg/min)	22.6 (14-30.8)	29.4 (24.7-39.6)	25.6 (16.1-31.9) ***	<b>0.031</b>
PO <sub>2</sub> (ml O <sub>2</sub> /latido)	10.1 (5.5-16.7)	18.2 (12.4-22.8)	13.7 (10.3-19.5)	0.066
Respuesta cronotrópica	8.4 (6.1-14.4)	7 (6-8.3)	7.6 (5.2-10.5)	0.765

FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; FC: frecuencia cardiaca, VO<sub>2</sub>: consumo de oxígeno; PO<sub>2</sub>: pulso de oxígeno.

Variables cualitativas: fueron analizadas mediante Chi cuadrada de Pearson o prueba exacta de Fisher, y son presentadas en frecuencias y porcentajes.

Variables cualitativas: fueron analizadas mediante ANOVA de 1 vía para muestras independientes o Kruskal Wallis y U de Mann Whitney, acorde a su distribución, y son presentadas mediante media y DE o mediana y p25-p75, según corresponda.

\*\*\* Prueba post hoc significativa (p<0.0167)

En la Tabla 5 se presenta la comparación de los grupos de acuerdo con el EH, si bien de acuerdo a la edad no se presentaron diferencias, se observó una media de edad mayor en los grupos con hipo e hiperhidratación, en comparación con el grupo de euhidratación. Por otro lado, en el grupo de hipohidratación se encontró mayor porcentaje de mujeres, mientras



que en los grupos de euhidratación e hiperhidratación, hubo mayor predominio de hombres, mostrando diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.028$ ).

En cuanto al consumo de agua (de acuerdo al recordatorio de 24 horas), en general fue bajo, aun cuando se consideraran las recomendaciones de restricción de líquidos para insuficiencia cardiaca (1-2 litros/día), esto es especialmente evidente en el grupo de hipohidratación, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

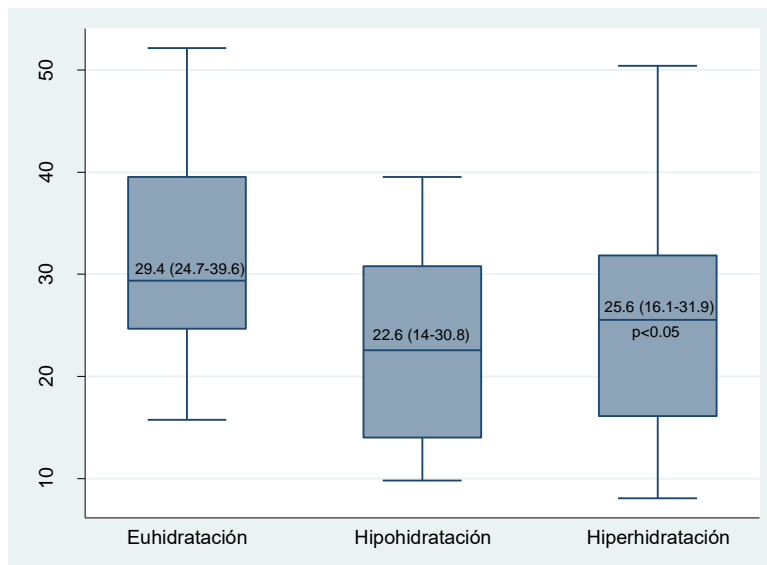
De acuerdo a las comorbilidades presentadas en los grupos de EH, se observó que en el grupo de euhidratación, la hipertensión arterial y la dislipidemia fueron las comorbilidades con mayor prevalencia (66.7% y 58.3%, respectivamente), al igual que en el grupo de hipohidratación, presentes en un 50%; por otro lado, en el grupo de hiperhidratación, aunque la hipertensión arterial y la dislipidemia tuvieron también las prevalencias más altas (76.3% y 69.5%, respectivamente), se observó además una proporción importante de pacientes con diabetes mellitus (55.9%). El consumo de diuréticos fue relativamente similar en los 3 grupos, mientras que el consumo de beta bloqueadores fue visiblemente más alto en los grupos de euhidratación e hiperhidratación (54.2% y 67.8%, respectivamente).

Respecto a las variables antropométricas, el IMC presentó la mediana más alta en el grupo de euhidratación y la más baja en el grupo de hipohidratación. Asimismo, de acuerdo al BIVA, todos los pacientes del grupo de euhidratación presentaron un estado de nutrición normal, en el grupo de hiperhidratación la mayoría presentó obesidad, seguido de baja masa muscular y en el grupo de hipohidratación predominó la presencia de baja masa muscular, mostrando diferencias estadísticamente significativas ( $p<0.001$ ).

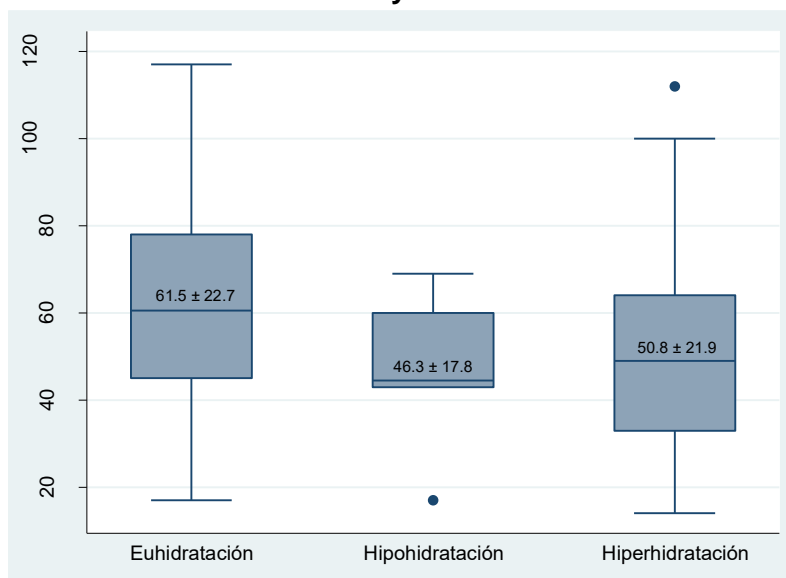
En relación a los resultados de la PE, se observó que los grupos con alteraciones en el EH, realizaron menos METs carga (1.9 menos en el grupo de hipohidratación y 1.1 menos, en el grupo de hiperhidratación), en comparación al grupo de euhidratación ( $p = 0.03$ ). La FC de reserva, fue mayor en el grupo de euhidratación ( $61.5 \pm 22.7$  latidos/minuto), en comparación con los grupos de hipo e hiperhidratación ( $46.3 \pm 17.8$  y  $50.8 \pm 21.9$  latidos/minuto, respectivamente). El consumo de oxígeno fue mayor en el grupo de euhidratación (29.4, 24.7-39.6 ml/kg/min), seguido por el de hiperhidratación (25.6, 16.1-31.9 ml/kg/min), y más bajo en el grupo de hipohidratación (22.6, 14-30.8 ml/kg/min), mostrando diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.031$ ). Similar a lo anterior, el

pulso de oxígeno fue más alto en el grupo de euhidratación (18.2, 12.4-22.8 ml O<sub>2</sub>/latido), seguido por el grupo de hiperhidratación (13.7, 10.3-19.5 ml O<sub>2</sub>/latido) y más bajo en el grupo de hipohidratación (10.1, 5.5-16.7 ml O<sub>2</sub>/latido), o cual se puede observar en los Gráficos 1, 2 y 3. La respuesta cronotrópica por otro lado, fue más alta en los grupos de hipo e hiper hidratación, que en el grupo de euhidratación, observándose intervalos amplios en los percentiles, especialmente en el grupo de hipohidratación, lo cual podría deberse al reducido número de sujetos de dicho grupo.

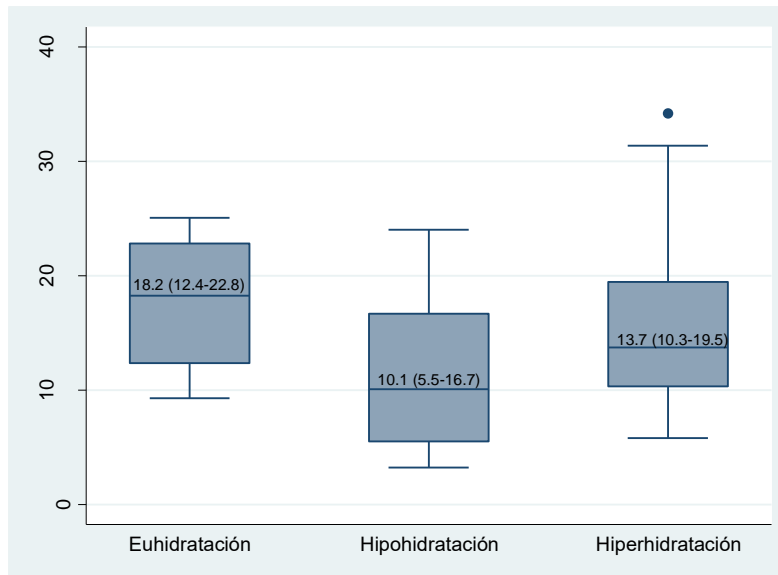
**Gráfico 1. EH y consumo de oxígeno**



**Gráfico 2. EH y FC de reserva**



**Gráfico 3. EH y pulso de oxígeno**



## 12. DISCUSIÓN

En concordancia con el objetivo general de este estudio, se encontró que tanto los valores de METs carga como los de  $\text{VO}_2$  máximo alcanzado, fueron menores en los grupos con alteraciones en el EH (hipo e hiperhidratación), en comparación con el grupo de euhidratación. Los resultados de la FC de reserva,  $\text{PO}_2$  y respuesta cronotrópica, mostraron un comportamiento similar, sin embargo, estos últimos no fueron estadísticamente significativos.

Congruente a los resultados obtenidos, Southard, T. y cols. en el 2004 (54), encontraron que el  $\text{VO}_2$  submáximo alcanzado, fue menor tras el protocolo de deshidratación (restricción de líquidos de 12 horas), comparado con el protocolo de hidratación (consumo de agua proporcional al 2% del peso corporal de cada participante),  $p < 0.05$ . En contraste, el estudio de Mendoca, G. y cols. en el 2013 (55), no encontró asociación entre el protocolo de hidratación con 500 ml y el  $\text{VO}_2$ , o el  $\text{PO}_2$ , sin embargo, comparada con la intervención control de 50 ml de agua, la intervención con 500 ml provocó una disminución general de la FC submáxima ( $p < 0.05$ ). Así, pese a la existencia de algunos estudios experimentales que han explorado la relación entre variables del comportamiento cardiopulmonar y la intervención con diferentes protocolos de hidratación, estos se han limitado al ámbito del ejercicio y carecen de calidad en su conducción, lo que dificulta la generalización de los resultados a la práctica clínica, dadas las características de las poblaciones estudiadas.

El  $\text{VO}_2$  es el principal predictor de mortalidad global encontrado en la literatura médica, tanto en individuos sanos como con cardiopatía. Generalmente, se encuentra reducido en pacientes con EAC (en comparación con sujetos sanos de la misma edad), producto de cambios en la  $\text{DAVO}_2$  (21), y el EH puede influir a través de su efecto en el volumen plasmático y sanguíneo, y la relación directa o indirecta con los determinantes del  $\text{VO}_2$  (FC, VS y  $\text{DAVO}_2$ ) y las adaptaciones agudas al ejercicio (27).

Por otro lado, se ha reportado un 15% menor riesgo de EAC por cada unidad metabólica (MET) de mayor tolerancia al ejercicio (22), por lo que los resultados encontrados respecto al estado de euhidratación en comparación con las alteraciones en el EH (1.9 menos METS en el grupo de hipohidratación y 1.1 METS menos, en el grupo de hiperhidratación), resultan de relevancia clínica e instan a la realización de más estudios.

La alteración del balance del EH es una consecuencia de la progresión de la CI, especialmente cuando la FEVI disminuye y se desarrollan los signos y síntomas característicos de la insuficiencia cardíaca, sin embargo, las alteraciones en el EH pueden tener un comienzo insidioso, y no se sabe con claridad si tienen repercusiones clínicas desde etapas tempranas. A nuestro conocer, al día de hoy no existen estudios que hayan explorado la relación entre el EH y variables del comportamiento cardiopulmonar en pacientes con CI, previo a la progresión de la enfermedad; la PE, al llevar al organismo a la expresión integral de los sistemas cardiovascular, muscular, pulmonar, hematopoyético, neurosensorial y esquelético, ante un máximo de esfuerzo tolerable, provee importante información diagnóstica y pronóstica, y el estudio de las variables que potencialmente influyen en el comportamiento y desempeño durante dicha prueba, como el EH, podría orientar la práctica en dichos rubros.

El EH normalmente se encuentra estrechamente regulado, no obstante, está influenciado por factores como la edad e ingesta dietética, y la carga de ejercicio y ambiental, así como condiciones fisiopatológicas, representan un reto agudo a la homeostasis (6). Los resultados de algunos estudios de cohorte, han resaltado la importancia del EH y el consumo de agua en sí mismo, en el riesgo de la EAC y el pronóstico de la CI ya establecida, como es el caso del estudio de Chan, J. y cols. en el 2002 (6), que reportó una relación entre el consumo de agua con los eventos coronarios (lo que en parte, es explicado por la influencia de la deshidratación en la reología sanguínea) y el estudio de Rhola, M. y cols. en el 2014 (53), que muestra mediante un estudio pronóstico, que una vez establecida la CI (en este caso, SCA), la osmolalidad plasmática (un indicador del EH, como se mencionó anteriormente), influye, negativamente sobre la mortalidad (a mayor osmolalidad, mayor riesgo de mortalidad tanto a los 30 días, como a 1 año).

Además, se ha descrito, que la ingesta aguda de agua reduce la FC e incrementa la presión arterial y dichos efectos pueden ocurrir en un intervalo de 15-20 minutos tras la ingesta de agua y durar hasta 60 minutos, debido probablemente a la acción sobre el sistema nervioso simpático y el efecto sobre el volumen plasmático (43), (46), determinante del  $VO_2$ , como se ha descrito, por lo que es un componente susceptible a modificar.

## **Limitaciones del estudio**

El diseño del estudio limita los resultados obtenidos, a la descripción de las variables planteadas y la exploración de las relaciones entre ellas, por lo que, al momento, no es posible hablar de su aplicabilidad clínica. Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en variables como la FEVI, edad y el consumo de diuréticos, estas podrían ser variables modificadoras de efecto, e idealmente debieron ser consideradas en los criterios de selección. Asimismo, los grupos de estudio difieren considerablemente en el número de pacientes, lo que sugiere afección en la comparación.

Por otro lado, se desconoce si los participantes atendían a alguna recomendación de restricción de líquidos y no fue posible evaluar la ingesta de alimentos y bebidas previo a la PE. Las mediciones del EH previa y posterior a la PE, la evaluación de los componentes del ACT (como el LEC) y concentraciones plasmáticas de sodio, son otros elementos importantes a considerar en la dinámica de la regulación del EH.

## **13. CONCLUSIONES**

Los resultados de este estudio sugieren una relación entre las alteraciones en el EH y un peor desempeño en la PE, en comparación con aquellos con un estado de euhidratación, de acuerdo a los valores obtenidos del comportamiento cardiopulmonar, especialmente en el  $VO_2$  máximo alcanzado y METS carga.

Dichos hallazgos resaltan la importancia de la evaluación del EH dentro de los protocolos de evaluación nutricional, y sugieren que el consumo de líquidos es un aspecto a considerar en el protocolo de la PE, sin embargo, la naturaleza exploratoria del estudio limita su aplicabilidad práctica, por lo que se sugieren más estudios en dicha línea.

Futuras investigaciones (tanto de los efectos agudos como crónicos del EH) podrían guiar las indicaciones nutricionales previas a la PE y dar posterior sustento a recomendaciones puntuales para pacientes con CI

## 14. BIBLIOGRAFÍA

1. National Center for Biotechnology Information. [Online].; 2018 [cited 2019 Noviembre 3]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=hydration+status>.
2. Baron S, Courbebaisse M, Lopicard EM, Friedlander G. Assesment of hydration status in a large population. *Britrsh Journal of Nutrition*. 2015; 113.
3. Kenefick RW, Cheuvront SN, Montain SJ, Carter R, Swaka M, Bravo A. *Nutrición para la salud, condición física y deporte*. 7th ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 2006.
4. Mataix J. *Tratado de nutrición y alimentación*. 2nd ed. España: Ergon; 2009.
5. Centro de Investigación en Evaluación y Encuestas. [Online].; 2018 [cited 2020 11 3]. Available from: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/descargas.php>.
6. Chan J, Knutsen SF, Blix GG, Lee JW, Fraser GE. Water, other fluids and fatal coronary hear disease. *American Journal of Epidemiology*. 2002; 155(9).
7. Alcalá López JE, Maicas Bellido C, Hernández Simón P, Rodríguez Padial L. Cardiopatía isquémica: concepto, clasificación, epidemiología, factores de riesgo, pronóstico y prevención. *Medicine*. 2017; 12(36).
8. Longo L, Kasper L, Jameson J, Fauci AS, Hauser SL, Loscalzo J. *Harrison Principios de medicina medicina interna*. 18th ed. México: Mc Graw Hill; 2012.
9. Steenbergen C, Frangogiannis N. Ischemic hear disease. In J H. *Muscle: fundamental biology and mechanisms of disease*. Canadá: Elsevier ; 2012. p. 403-409.
10. Moreno PR, Portillo JH. Isquemia miocárdica: conceptos básicos, diagnóstico e implicaciones clínicas. Primera parte. *Rev Colom Cardiol*. 2016; 23(5).
11. Zhang G, Yu C, Zhou M, Wang M, Zhan Y, Luo. Burden of ischaemic heart disease and attributable risk factors in China from 1900 to 2015: finding from the global burden of disease 2015 study. *BMC Cardiovascular diseases*. 2015; 18(18).
12. Escobedo de la Peña J, Rodríguez Ábrego G, Buitrón Granados LV. Morbilidad y mortalidad por cardiopatía isquémica en el Instituto Mexicano del Seguro Social. Estudio ecológico d etendencias en población amparada por Instituto Mexicano del Seguro Social entre 1990 y 2008. *Arch Cardiol*. 2010; 80(4).
13. Juan , Juan López M, González Pier E, Kiri Morales PA, Gutiérrez Domínguez F, Ruiz Palacios y Santos M, et al. Informe sobre la salud de los mexicanos 2015. Diagnóstico general de la salud poblacional. México: Secretaría de Salud; 2015. Report No.: 1a. edición.
14. Lobos Bejarano JM, Brotons Cuixart C. Factores de riesgo cardiovascular y atención primaria: evaluación e intervención. *Aten Primaria*. 2011; 43(12).
15. Levenson , Levenson J, Simon A. Reología sanguínea y riesgo cardiovascular. *AVFT*. 2000; 19(1).
16. Pencina J, Navar M, Wojdyla D, Sánchez J, Khan I, Ellassal J, et al. Quantifying importance of major risk factors dor coronary heart disease. *Circulation*. 2019; 139(1).
17. Sánchez Criado V, Martínez Castellano A, López Medina IM. La prueba de esfuerzo en el paciente con cardiopatía isquémica. *Enfermería clínica*. 2002; 13(3).
18. Ilarraza Lomelí H, Serna Santamaría I. Utilidad del ejercicio físico como reto fisiológico. In Verdejo París J, editor. *Ejercicio, dieta y corazón*. México: PyDesa; 2013. p. 43-65.

19. García Saldivia M, Nuñez Urquiza JP. Bases, evolución e innovación tecnológica en la prueba de ejercicio. In Iturralde Torres P, editor. Rehabilitación cardiovascular: prevención y deporte. México: PyDESA; 2019. p. 35-49.
20. Coeckelberrghs E, Buys R, Goetschalckx K, Cornelissen VA, Vanhees L. Prognostic value of the oxygen uptake efficiency slope and other exercise variables in patients with coronary artery disease. *European Journal of preventive cardiology*. 2015; 0(00).
21. Ehsani AA, Biello D, Seals R, Austin MB, Schultz J. The effect of left ventricular systolic function on maximal aerobic exercise capacity in asymptomatic patients with coronary artery disease. *Circulation*. 1984; 70(4).
22. Magne Letnes J, Dalen H, Vesterbakkmo EK, Wisloff U, Nes BM. Peak oxygen uptake and incident coronary heart disease in a healthy population: the HUNT Fitness Study. *European Heart Journal*. 2018; 0.
23. Fox K, Borer SS, Camm J, Danchin N, Ferrari R, López Sendón L, et al. Resting heart rate in cardiovascular disease. *JACC*. 2007; 50(9).
24. Custodis F, Reil JC, Laufs U, Bohn M. Heart rate: a global target for cardiovascular disease and therapy along the cardiovascular disease continuum. *Journal of Cardiology*. 2013; 62.
25. Engeseth K, Hodnesdal C, Grundvold I, Liestol K, Gjesdal K, Erikssen G, et al. Heart rate reserve predicts cardiovascular death among physically unfit but otherwise healthy middle-aged men: a 35-year follow-up study. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2016; 23(1).
26. Laukkanen JA, Kurl S, Salonen JT, Lakka TA, Rauramaa R. Peak oxygen pulse during exercise as a predictor for coronary heart disease and all cause death. *Heart*. 2006; 92.
27. Lundby C, Montero D, Joyner M. Biology of VO<sub>2</sub>max: looking under the physiology lamp. *Acta Physiol*. 2017; 220.
28. Kemp C, Conte J. The pathophysiology of heart failure. *Cardiovasc Pathol*. 2012; 21.
29. Armstrong E, Pumerantz C, Fiala A, Roti W, Kavouras SA, Casa DJ, et al. Human hydration indices: acute and longitudinal reference values. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2010; 20.
30. Roubenoff R, Heymsfield B, Kehayias JJ, Cannon JJ, Rosenberg IH. Standardization of nomenclature of body composition in weight loss. *Am J Clin Nutr*. 1997; 66.
31. González Jiménez E. Composición corporal: estudio y utilidad clínica. *Endocrinol Nutr*. 2013; 60(2).
32. Johnson R, Boushey C, Coulston A, Rock C, Monsen E. Nutrition in the prevention and treatment of disease. 1st ed. USA: Elsevier; 2001.
33. Guyton A, Hall J. Tratado de fisiología médica. 12th ed. España: Elsevier; 2011.
34. Kalman S, Lepeley A. A review of hydration. 2010; 32(2).
35. Swaka MN, Chevront SN, Carter R. Human water needs. *Nutrition Reviews*. 2005; 63(6).
36. Gil A. Tratado de nutrición. 2nd ed. Argentina: Médica Panamericana; 2005.
37. Skorecki K, Ausiello D. Disorders of sodium and water homeostasis. In Goldman L. *Goldman's Cecil Medicine*. EUA: Elsevier Saunders; 2012. p. 720-734.
38. Verbalis JG. Disorders of body water homeostasis. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2003; 17(4).



39. Bossingham J, Carnell NS, Campbell W. Water balance, hydration status and fat free mass hydration in younger and older adults. *Am J Clin Nutr.* 2005; 81.
40. Armstrong LE. Assessing hydration status: the elusive gold standard. *Journal of the American College of Nutrition.* 2007; 26(5).
41. Bhave G, Neilson EG. Volume depletion versus dehydration: how understanding the difference can guide therapy. *Am J Kidney Dis.* 2011; 58(2).
42. Shirrefs SM. Markers of hydration status. *European Journal of Clinical Nutrition.* 2003; 57(2).
43. Rochette M, Patterson SM. Hydration status and cardiovascular function: effects of hydration enhancement on cardiovascular function at rest and during psychological stress. *International Journal of Psychophysiology.* 2005; 56.
44. Whitmire SJ. Líquidos, electrolitos y equilibrio ácido-base. In Matarese LE, Gottschilch MM. *Nutrición clínica práctica.* España: Elsevier; 2004. p. 132-155.
45. Roumelioti ME, Glew RH, Khitan Z, Rondon Berrios H, Murata GH, Shapiro JI, et al. Fluid balance concepts in medicina: principles and practice. *World Nephrol.* 2018; 7(1).
46. Popkin BM, D'Anci E, Rosenberg IH. Water, hydration and health. *Nutr Rev.* 2010; 68(8).
47. Armstrong LE. Hydration assessment techniques. *Nutrition Reviews.* 2005; 63(6).
48. Lukaski HC, Piccoli A. Bioelectrical impedance vector analysis for assessment of hydration in physiological states and clinical conditions. In *Handbook of anthropometry: physical measures of human form in health and disease.* USA: Springer Science; 2012. p. 287-305.
49. Piccoli A, Nescolarde D, Rosell J. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica. *Nefrología.* 2002; 22(3).
50. Castillo L, Orea A, Colin E. Nutrición en insuficiencia cardiaca congestiva. In 1a , editor. *Nutrición en la práctica clínica.* México: Alfil; 2009. p. 207-210.
51. Alvero-Cruz JR, Correas Gómez L, Fernández Vázquez R, Porta Manzanillo J. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Rev Andal Med Deporte.* 2011; 4(4).
52. Leurs L, Shouten LJ, Goldbohm AR, Van den Brandt PA. Total fluid and specific beverage intake and mortality due to IHD and stroke in the. *British Journal of Nutrition.* 2010; 104.
53. Rhola M, Freynhofer MK, Tentzeirs I, Farhan S, Wojta J, Huber K, et al. Plasma osmolality predicts clinical outcome in patients with acute coronary syndrome undergoing percutaneous coronary intervention. *European Heart Journal.* 2014; 3(1).
54. Southard TL, Pugh JW. Effect of hydration state on heart rate-based estimates of VO<sub>2</sub>max. *JEP.* 2004; 7(1).
55. Mendonca GV, Teixeira S, Haffernan KS, Fernhall B. Chronotropic and pressor effects of water ingestion at rest and in response to incremental dynamic exercise. *Exp Physiol.* ; 98(6).
56. Piccoli A, Pillon L, Dumler F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index and age in the United States: standard reference intervals as bivariate Z scores. *Nutrition.* 2002; 18(2).

57. Magal M, Cain RJ, Long JC, Thomas KS. Pre-practice hydration status and the effects of hydration regimen on collegiate division III male athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2015; 14.
58. Cheuvront N, Carter R, Sawka M. Fluid balance and endurance exercise performance. *Current Sports Medicine Reports*. 2003; 2.
59. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European Heart Journal*. 2016; 37(27).

## **15. ANEXOS**

## Anexo 1.

### ESPECIFICACIONES DE LAS PRUEBAS DE EJERCICIO

#### Selección del protocolo de ejercicio

El objetivo de la prueba es la de provocar un incremento de los requerimientos energéticos mediante una carga de trabajo controlada para evaluar la reserva funcional de los órganos y sistemas involucrados en la respuesta al ejercicio; a esta forma sistemática de realizar el ejercicio se le denomina "protocolo". Los protocolos en la prueba de ejercicio se clasifican de acuerdo con el trabajo realizado en:

Protocolo incremental (en rampa o escalera). Es el protocolo más usado, consiste en un incremento progresivo de la carga de trabajo hasta llegar al límite de la tolerancia del paciente, que está determinada por la presencia de síntomas; esto permite la evaluación de la respuesta a un amplio espectro de intensidades de ejercicio durante un periodo relativamente corto. Este protocolo está recomendado para evaluar tanto el perfil de la respuesta biológica durante el ejercicio submáximo, como en el ejercicio máximo. Puede ser llevado a cabo en las siguientes modalidades:

- a. Cicloergómetro: el incremento se logra aumentando la resistencia impuesta a través del pedal.
- b. Banda sin fin. El incremento de la carga se logra aumentando la velocidad y la inclinación.

Los protocolos incrementales son utilizados para evaluar pacientes con sospecha de cardiopatías isquémica. Los protocolos se clasifican dependiendo de la carga implementada, la inclinación y la duración de la prueba. Algunos son: protocolo de Bruce, Bruce modificado, Balke o Naughton.

Protocolos a carga constante. Cuando un sujeto realiza ejercicio a una carga constante de intensidad moderada, inferior al umbral láctico, suele alcanzar un consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) estable (estado estacionario) y puede prolongar la duración del ejercicio. Este protocolo consiste en aumentar la carga hasta un nivel a partir del cual se mantiene estable durante un tiempo preestablecido o el tiempo que el paciente tolere. Se mide el tiempo que el paciente resiste hacer ejercicio ante una carga constante de trabajo. La utilidad de este tipo de protocolos con carga constante es la de evaluar si el sujeto es capaz de sostener un determinado nivel de ejercicio submáximo durante un periodo relativamente prolongado y la de monitorizar la respuesta a la intervención (rehabilitación cardiopulmonar, broncodilatadores, dispositivos médicos). Para realizar el protocolo de carga constante, es necesario haber realizado una prueba cardiopulmonar de ejercicio (PCPE) con protocolo incremental, de modo que cuando se realice el protocolo de carga constante, el trabajo máximo al que se someterá al paciente corresponderá al 50-70% del alcanzado durante el protocolo incremental.

## Parámetros a evaluar en una PE convencional

Parámetros electrocardiográficos	Depresión del segmento ST Elevación del segmento ST Arritmias y/o trastornos de la conducción
Parámetros hemodinámicos	Frecuencia cardíaca y presión arterial Producto FC x PA sistólica
Parámetros clínicos	Angina Signos de disfunción ventricular izquierda (mareo, palidez, sudor frío, cianosis) Disnea, claudicación, etc. Percepción subjetiva del esfuerzo
Capacidad funcional	Trabajo externo expresado en MET Tiempo de ejercicio

## Parámetros espirométricos – definición de variables

- Consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$  máx.): Cantidad máxima de oxígeno ( $O_2$ ) que el organismo puede absorber de la atmósfera, transportar a los tejidos y consumir por unidad de tiempo). Se expresa en valor absoluto ( $l/min^{-1}$  o  $ml/min^{-1}$ ), o en unidades metabólicas (MET). Constituye un excelente parámetro de valoración del sistema de transporte de  $O_2$ . El criterio más importante para su determinación es la meseta alcanzada en la curva de  $VO_2$  en un ejercicio incremental, de forma que, aunque se incremente la carga de trabajo, el  $VO_2$  no aumente.
- Consumo de oxígeno pico ( $VO_2$  pico): es el mayor valor de  $VO_2$  alcanzado en una prueba incremental, cuando no es posible alcanzar criterios de  $VO_2$  máx. Es el parámetro que habitualmente se obtiene y se utiliza en sujetos no entrenados y desde luego, en cardiopatas.
- Umbral anaeróbico. Según Wasserman se define como la intensidad de ejercicio o de trabajo físico por encima del cual empieza a aumentar de forma progresiva la concentración de lactato en sangre, a la vez que la ventilación se incrementa también de una manera desproporcionada con respecto al oxígeno consumido. Es un indicador objetivo y reproducible de la capacidad funcional.
- Producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ). Es la cantidad de  $CO_2$  eliminado por la respiración por unidad de tiempo ( $l/min^{-1}$ ). Ofrece información acerca de los procesos cuantitativos del metabolismo aeróbico y anaeróbico.
- Coeficiente respiratorio (CR). Es la relación entre la  $VCO_2$  y el  $VO_2$ . Es un índice del grado de fatiga referida a los procesos metabólicos, así como a las condiciones ventilatorias en cada nivel de ejercicio.
- Pulso de oxígeno ( $VO_2/FC$ ). Es la cantidad de  $O_2$  consumido durante un ciclo cardíaco completo ( $ml/latido^{-1}$ ). Según la ecuación de Fick, tiene una relación directa con el volumen sistólico

## Contraindicaciones y criterios para finalizar una PE


Tipo	Contraindicaciones para la realización de las pruebas de ejercicio	Criterios de finalización de la prueba de ejercicio
<b>Absolutas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IAM reciente (menos de 3 días)</li> <li>• Angina inestable (aun con medicación)</li> <li>• Insuficiencia cardíaca congestiva descompensada</li> <li>• Arritmias cardíacas descontroladas (sintomáticas o con alteración hemodinámica)</li> <li>• Estenosis aórtica grave sintomática</li> <li>• Tromboembolia pulmonar aguda</li> <li>• Pericarditis o miocarditis aguda</li> <li>• Endocarditis aguda</li> <li>• Disección aórtica</li> <li>• Discapacidad física o psíquica que impidan realizar pruebas seguras y adecuadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deseo reiterado del sujeto de detener la prueba</li> <li>• Angina limitante</li> <li>• Descenso (tensión arterial sistólica de 20 mmHg desde el valor más alto de la prueba) o falta de incremento de la presión sistólica pese al aumento de la carga</li> <li>• Hipertensión arterial: 250 mmHg sistólica, 120 mmHg diastólica</li> <li>• Pérdida grave de saturación (Saturación de O<sub>2</sub> 80% cuando se acompaña de síntomas y signos de hipoxemia intensa)</li> <li>• Arritmias severas/malignas: extrasistolia ventricular frecuente, progresiva y multiforme, rachas de taquicardia ventricular, flúter o fibrilación ventricular</li> <li>• Síntomas del sistema nervioso central: ataxia, mareo, síncope</li> <li>• Signos de mala perfusión: cianosis, palidez</li> <li>• Mala señal electrocardiográfica que impida el control del trazado.</li> </ul>
<b>Relativas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesión significativa conocida de tronco coronario izquierdo</li> <li>• Estenosis valvular aórtica moderada a grave con relación incierta a los síntomas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios llamativos del ST o del QRS (cambios importantes del eje)</li> <li>• Fatiga, cansancio, disnea, claudicación</li> <li>• Taquicardias no severas incluyendo las paroxísticas supraventriculares</li> </ul>


	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anormalidades electrolíticas</li> <li>• Hipertensión arterial no controlada (PAS &gt;200/110 mmHg y/o PAD &gt;110 mmHg)</li> <li>• Taquiarritmias o bradiarritmias</li> <li>• Cardiomiopatía hipertrófica obstructiva u otras formas de obstrucción de la vía de salida de ventrículo izquierdo</li> <li>• Bloqueo auriculoventricular de alto grado adquirido</li> <li>• Deterioro mental con capacidad limitada para cooperar</li> <li>• Afecciones médicas no corregidas, como anemia significativa, hiperglucemia, desequilibrio hidroelectrolítico e hipertiroidismo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloqueo de rama que simule taquicardia Ventricular</li> </ul>
--	--	--

GPC – Sociedad española, Rehabilitación cardiovascular, prevención y deporte.

## Anexo 2.

### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

 **ISSSTE** INSTITUTO DEL SEGURO Y PROTECCIÓN SOCIALES DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO

 **2019** AÑO DEL CAUDILLO DEL SUR, EMILIANO ZAPATA

**CENTRO MÉDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE"**  
**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**2019 "AÑO DEL CAUDILLO DEL SUR, EMILIANO ZAPATA"**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO BAJO INFORMACIÓN PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD.**

**NOMBRE DEL ESTUDIO:** Evaluación, seguimiento e intervención cardio-nutricional sobre el estado funcional, físico y de nutrición en pacientes con cardiopatía isquémica y/o insuficiencia cardiaca sometidos a un programa de Rehabilitación Cardiaca: Estudio de Cohorte.

**Lugar y fecha:** Ciudad de México a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_.

Por favor tome todo el tiempo que sea necesario para leer este documento, pregunte al investigador sobre cualquier duda que tenga, para decidir si participa o no, deberá tener el conocimiento suficiente acerca de los beneficios y riesgos del presente estudio de investigación.

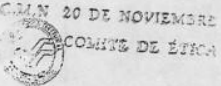
Estimado Señor (a): \_\_\_\_\_, se le invita a participar en el estudio arriba mencionado, que se desarrollará en el CMN "20 de Noviembre", cuyo objetivo será darle un seguimiento en su estado de nutrición durante su tratamiento en el servicio de Rehabilitación Cardiaca con el objetivo de evaluar su estado funcional, físico y de nutrición con miras a que mejore su estado de salud y calidad de vida.

Consideraciones generales:

- El grupo de investigación consultará su historia médica para obtener información importante para el proyecto de investigación.
- Tanto la información personal, médica y mediciones corporales recolectados será guardado bajo la responsabilidad de los investigadores (Dr. Juan Antonio Pineda Juárez, Dra. Julieta Danira Morales Portano, Dra. Ileana Lucatero Lecona y el Dr. Jorge Lara Vargas) y no se permitirá el acceso a personas ajenas a la investigación, como empleadores, prestadores de seguro o instituciones ajenas al CMN "20 de Noviembre".
- Es posible que un miembro del Comité de Ética pueda consultar algunos datos de su historia clínica con la finalidad de asegurar el manejo apropiado de los mismos durante la investigación.
- Los resultados obtenidos en este estudio podrán ser publicados o comunicados por otros medios, pero no serán relacionados con usted.
- El que usted no desee participar en el presente estudio, no modificará su atención institucional.
- Si habiendo aceptado participar en el proyecto, en el transcurso del mismo desea abandonarlo, sus datos serán borrados.
- Si desea información adicional, usted puede contactar con el Dr. Juan Antonio Pineda Juárez en el siguiente número telefónico (55)52005003, extensión 86882, de lunes a viernes de 8:00 a 14:00 hrs.
- Si usted quisiera discutir su participación con una persona que no esté directamente en el proyecto, nosotros lo (a) invitamos a contactar al Comité de Ética del CMN "20 de Noviembre", ISSSTE, Dra. Erika Meza Dávalos o el Dr. Ricardo Ortega Pineda, Edificio "D", 1er piso, a un costado de biblioteca.

Su participación en el estudio consiste en realizarle las siguientes evaluaciones durante un periodo de seguimiento de dos años, divididos de la siguiente manera:

- Medición 1: Ingreso al estudio
- Medición 2: 1er mes
- Medición 3: 2do mes
- Medición 4: 3er mes
- Medición 5: 6to mes
- Medición 6: 12vo mes
- Medición 7: 18vo mes
- Medición 8: 24vo mes



Av. Félix Cuevas 540 Col. Del Valle Alcaldía Benito Juárez. C.P. 03229 Tel. 52005003 Ext. 50190  
www.issste.gob.mx,





2019 "AÑO DEL CAUDILLO DEL SUR, EMILIANO ZAPATA"

Además, en cada una de estas visitas se le realizarán las siguientes mediciones:

- **Evaluación física:** Esta consistirá en medirle su peso, estatura, cintura, cadera y brazo. También se medirá su composición corporal mediante un método no invasivo y rápido (no más de 10 minutos) llamado bioimpedancia eléctrica, en el cual se le colocarán 4 parches (2 en su pie derecho y dos en su mano derecha) mientras usted está recostado con la finalidad de medir su grasa, músculo y agua corporal mientras se encuentra recostado.
- **Evaluación cardiovascular:** Se le tomarán signos vitales completos (presión arterial, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura) así como se realizará historia clínica completa y se tomará un ecocardiograma (si cuenta con uno de menos de 3 meses en su expediente se podrá omitir) y se determinará si no cuenta con ninguna contraindicación para la prueba de esfuerzo.
- **Prueba de esfuerzo:** Se realizará en una caminadora donde usted se encuentra todo el tiempo monitorizado (cuidado) por un cardiólogo. Durante la prueba, la caminadora incrementará la velocidad y la inclinación cada 3 minutos y se le toma la presión arterial también cada 3 minutos. Esta continúa hasta que usted se sienta cansado y quiera detenerla, o el cardiólogo considere que es suficiente. **Cabe mencionar que esta prueba forma parte de su tratamiento médico, la cual es realizada por el servicio de Rehabilitación Cardíaca independientemente del protocolo de investigación al cual se incluirá. Solamente la información generada a partir de dicha prueba será utilizada para fines de esta investigación.**
- **Evaluación dietética:** Esta consistirá en dos partes, 1) se le realizará una entrevista llamada "recordatorio de 24 horas" el cual consiste en que usted nos diga todos los alimentos y bebidas que consumió un día antes, así como su preparación y cantidad aproximada de cada uno. 2) También se le realizará una "Frecuencia de Consumo de Alimentos" que como su nombre lo indica, consistirá en preguntarle con qué frecuencia consume ciertos alimentos, es decir si los consume diario, cada semana, cada mes, etc. En ambos casos un profesional en Nutrición le apoyará si en algún momento le surgen dudas.
- **Evaluación de calidad de vida:** Esta consistirá en otorgarle un formato autoaplicable que constará de 36 preguntas de opción múltiple, con la finalidad de valorar distintos aspectos de sus actividades como lo son su función física, rol físico, rol emocional, vitalidad, bienestar emocional, función social, dolor y salud general.

**BENEFICIOS:** El presente estudio de primera mano no tendrá un beneficio directo a usted, sin embargo, los datos que se obtengan podrán generar nuevos conocimientos acerca de cómo el seguimiento conjunto tanto de Rehabilitación Cardíaca como de Nutrición pueden llegar a tener un efecto sobre su enfermedad y su estado nutricional, físico y funcional y de calidad de vida. A partir del análisis de toda esta información se podrían desarrollar nuevas opciones de tratamiento más específicas. Además, gracias a su participación altruista podrá beneficiar a los demás derechohabientes del ISSSTE con su misma enfermedad del Centro Médico Nacional "20 de Noviembre" o incluso de otras dependencias del ISSSTE a nivel nacional.

**RIESGOS:** De acuerdo a Ley General de Salud, su participación no conlleva riesgo para su salud por las evaluaciones físicas, de composición corporal, dietética y de calidad de vida que se le realizarán.

**DISPONIBILIDAD DE TRATAMIENTO MÉDICO:** Debido a los riesgos que se pudieran presentar por los procedimientos que se realicen, los investigadores responsables y el Centro Médico Nacional "20 de Noviembre" nos comprometemos a brindar el tratamiento o la atención correspondiente.

**PARTICIPACIÓN**

Su participación es **VOLUNTARIA**, usted puede decidir libremente participar o no, esto no afectará su derecho para recibir atención médica en el Centro Médico Nacional "20 de Noviembre", si participa, puede retirarse del estudio en el momento en que lo desee sin que esto influya sobre el tratamiento habitual que le ofrece el hospital para su enfermedad de base.

**INFORMACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS ALTERNATIVOS O TRATAMIENTOS EXISTENTES:** Se le informa que no existen procedimientos alternativos confiables a las evaluaciones arriba descritas.





**ISSSTE**  
INSTITUTO DE SEGURIDAD  
Y SALUD SOCIAL DEL ESTADO  
DE QUERÉTARO



**2019**  
AÑO DEL CAUDILLO DEL SUR,  
EMILIANO ZAPATA

**CENTRO MÉDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE"**  
**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**2019 "AÑO DEL CAUDILLO DEL SUR, EMILIANO ZAPATA"**

**MANEJO DE LA INFORMACION**

En la recolección de datos personales se siguen todos los principios que marca la ley (art. 6): Licitud, calidad, consentimiento, información, finalidad, lealtad, proporcionalidad y responsabilidad. Se han implementado las medidas de seguridad, técnicas, administrativas y físicas necesarias para proteger sus datos personales y evitar daño, pérdida, alteración, acceso o tratamiento no autorizado. Todos sus datos se anotarán en un expediente y en una base de datos electrónica para uso exclusivo en la investigación. En todos los casos se le proporcionará un código para su identificación y su nombre no será usado. Tanto toda la información obtenida que será guardada en un archivero y en una computadora como los códigos que identifican su muestra o información, los cuales estarán solo disponibles a los investigadores titulares quienes están obligados por ley a no divulgar su identidad".

Usted podrá tener acceso a la información sobre este estudio en caso de solicitarlo.

**PARTICIPANTE**

Confirmando haber recibido información suficiente y clara sobre el estudio propuesto, doy mi autorización para ser incluido en este proyecto de investigación, reservándome el derecho de abandonarlo en cualquier momento si así lo decido.

Si procede: Así mismo manifiesto que se ha obtenido el ASENTIMIENTO del menor a mi custodia, para participar voluntariamente en el proyecto de investigación.

Nombre y firma del Participante o Representante legal.

Parentesco: \_\_\_\_\_  
Domicilio: \_\_\_\_\_

**TESTIGOS:**

(1) Nombre y firma \_\_\_\_\_  
Parentesco: \_\_\_\_\_  
Domicilio: \_\_\_\_\_

(2) Nombre y firma \_\_\_\_\_  
Parentesco: \_\_\_\_\_  
Domicilio: \_\_\_\_\_

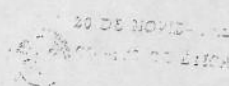
INVESTIGADOR O MÉDICO QUE INFORMA: \_\_\_\_\_

Le he explicado al Sr (a) \_\_\_\_\_, la naturaleza y los propósitos de la investigación, así como los riesgos y beneficios que implica su participación. He dado respuesta a todas sus dudas, y le he preguntado si ha comprendido la información proporcionada, con la finalidad de que pueda decidir libremente participar o no en este estudio. Acepto que he leído, conozco y me apegó a la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos, que pondré el bienestar y la seguridad de los pacientes sujetos de investigación, por encima de cualquier otro objetivo.

**INVESTIGADOR RESPONSABLE.**

Nombre y firma \_\_\_\_\_

Teléfono de contacto: \_\_\_\_\_



### ANEXO 3.

## HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS



### RELACIÓN ENTRE EL ESTADO DE HIDRATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO CARDIOPULMONAR EN PACIENTES ADULTOS CON CARDIOPATÍA ISQUÉMICA DURANTE UNA PRUEBA DE EJERCICIO



#### HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DD	MM	AAAA
----	----	------

No. Registro:			Folio:			
Nombre:			Sexo:	H	M	
FN:			Edad:			
Escolaridad:						
Ocupación:						
Dirección:						
Contacto	Teléfono:			Correo:		

Patología de base					
Antecedentes personales patológicos					
Medicamentos					
Síntomas					
Diarrea			Vómito		
Antecedentes personales no patológicos					
Tabaquismo:	Años:	Frecuencia:	Cantidad:		
Actividad física					
Última micción:					

Parámetros bioquímicos	Fecha:			
Hematocrito				
Hemoglobina				
Triglicéridos				
Sodio sérico				
Glucosa				
BUN				

Composición corporal		
	1ª medición	2ª medición
Estatura		-----
Peso		
IMC		
Resistencia		
Reactancia		
Ángulo de fase		
Frecuencia 5		
Frecuencia 50		
Frecuencia 100		
Frecuencia 200		
Índice intra-extracelular		

Variables cardiopulmonares	
	Hora de PE:
Consumo de oxígeno pico/máximo	
% Frecuencia cardiaca predicha para la edad al 85%	
Pulso de oxígeno	
Grado de entrenamiento (METs)	

**Anexo 4.**

**RECORDATORIO DE 24 HORAS**


Inicio de ayuno: \_\_\_\_\_


<b>DESAYUNO</b> Hora:	<b>COLACIÓN</b> Hora:	<b>COMIDA</b> Hora:	<b>COLACIÓN</b> Hora:	<b>CENA</b> Hora:	<b>DESAYUNO</b> Hora:
<b>Bebidas:</b>					

**Observaciones:**

Anexo 5.

CARTA DE APROBACIÓN DE PROTOCOLO

 **ISSSTE**  
INSTITUTO DE SEGURIDAD  
Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS  
TRABAJADORES DEL ESTADO

 **2019**  
ENCOMENDADO EN LA  
EMILIANO ZAPATA

**CENTRO MÉDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE"**  
Dirección  
Subdirección de Enseñanza e Investigación  
Coordinación de Investigación

2019 "AÑO DEL CAUDILLO DEL SUR, EMILIANO ZAPATA"

Oficio No. 96.2.2.1.3.2/1295/2019  
Asunto: **Aceptación de Protocolo**

Ciudad de México a 26 de Agosto de 2019

**Dr. Juan Antonio Pineda Juárez**  
Investigador Responsable  
**Presente.**

Le comunicamos, que su proyecto de investigación titulado: **Evaluación, seguimiento e intervención cardionutricional sobre el estado funcional, físico y de nutrición en pacientes con cardiopatía isquémica y/o insuficiencia cardiaca sometidos a un programa de Rehabilitación Cardíaca: Estudio de Cohorte**. Con Número **383.2019** folio de la jefatura de departamento de investigación como resultado de proceso de revisión, en el que integrantes de las Comisiones de Investigación, de Ética en Investigación y Bioseguridad del **Centro Médico Nacional "20 de Noviembre"**, aprobaron y dictaminaron **procedente** su realización.

A partir de este momento **será responsabilidad del investigador principal**, realizar a satisfacción los objetivos del proyecto aprobado, así como **dar cumplimiento de lo estipulado en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación y a las buenas prácticas clínicas** que indican la Secretaría de Salud y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado; deberá cumplir ante esta Coordinación y a los comités de Ética en Investigación y en su caso al de Bioética con los informes **semestrales** de la evolución del proyecto y de ser procedente del manejo de presupuesto, y si así lo amerita su investigación copia **de la carta de consentimiento bajo información de todos los pacientes** que participen, este consentimiento deberá incluir el número de expediente, dirección, dirección electrónica y teléfono de cada uno de los pacientes reclutados en el entendido de que esta información es **confidencial** y será susceptible de ser auditada por el comité de ética en investigación.

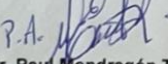
**Es responsabilidad del investigador principal** notificar sobre cualquier efecto adverso ocurrido en los pacientes en investigación tanto a la **Comisión de Ética a través de esta coordinación, al Comité de Farmacovigilancia como a la Secretaría de Salud (COFEPRIS)** y en los formatos correspondientes y tiempos obligatorios al tipo de evento a reportar.

Con el fin de dar cumplimiento a la reglamentación en investigación vigente en México y a la que estará obligado (a) es necesario acceda al Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación, al "Consejo de Salubridad General, a la comisión para la Certificación de Establecimientos de Atención Médica, Estándares para la Certificación de Hospitales en Investigación" así como a la Comisión Nacional de Bioética.

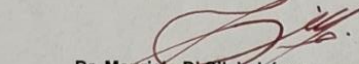
Las autoridades de este **Centro Médico Nacional "20 de Noviembre"** están comprometidas con impulsar la investigación en salud bajo los más estrictos estándares científicos y éticos contemplados en la legislación Mexicana y en los tratados internacionales que se han suscrito por lo que le felicita por su interés en materia.

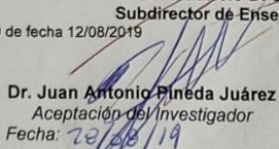
Deseándole que esta investigación cumpla los propósitos que se han planteado, sin otro particular, quedamos de usted.

**Atentamente**

  
**Dr. Paul Mondragón Terán**  
Coordinador de Investigación  
De acuerdo al Oficio No. 96.202.1.3.2/1160/2019 de fecha 12/08/2019

**Vo. Bo.**

  
**Dr. Mauricio Di Silvio López**  
Subdirector de Enseñanza e Investigación.

  
**Dr. Juan Antonio Pineda Juárez**  
Aceptación de Investigador  
Fecha: 28/08/19

c.c.p. Minuta de la Coordinación de Investigación  
PMT/abg"

Av. Félix Cuevas 540 Col. Del Valle Alcaldía Benito Juárez. C.P. 03229 Tel. 52005003 Ext. 14613  
www.issste.gob.mx