

Comparación del gasto energético en reposo y las necesidades de macronutrientes medidos por calorimetría indirecta versus ecuaciones predictivas en adultos con insuficiencia cardiaca de la clínica Smart Heart

Sena Rojas, Marisol

2023

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5869>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial por Decreto Presidencial del 3 de
abril de 1981



Comparación del gasto energético en reposo y las necesidades de macronutrientes medidos por calorimetría indirecta versus ecuaciones predictivas en adultos con insuficiencia cardiaca de la clínica Smart Heart

DIRECTOR DEL TRABAJO

MNC ROSA MARÍA SALMERÓN CAMPOS

ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO
que para obtener el Grado de

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN CLÍNICA

Presenta

MARISOL SENA ROJAS

Índice

Índice	2
Resumen	4
1. Capítulo 1. Planteamiento del proyecto de investigación	5
1.1 Planteamiento del problema	5
1.2 Objetivos	6
1.2.1 Objetivo general	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 Justificación.....	7
1.4 Marco contextual	7
2. Capítulo 2 Marco teórico.....	9
2.1 Insuficiencia cardiaca	9
2.1.1 Definición, signos y síntomas	9
2.1.2 Etiología	10
2.1.3 Diagnóstico	11
2.1.4 Clasificación.....	11
2.1.5 Tratamiento médico	11
2.1.6 Prueba cardio-pulmonar de ejercicio	12
2.2 Intervención nutricia en insuficiencia cardiaca.....	13
2.2.1 Evaluación del estado nutricional.....	13
2.2.2 Tratamiento nutricional	15
2.2.2.1 Requerimiento energético y de macronutrientes	15
2.2.2.2 Ecuaciones predictivas	15
2.2.2.3 Patrón de alimentación DASH.....	16
2.2.2.4 Recomendaciones generales.....	17
2.3 Calorimetría indirecta	17
3. Capítulo 3 Marco metodológico	21
3.1 Características del estudio	21
3.1.1 Ubicación espacio temporal	21
3.1.2 Tipo de estudio	21
3.2 Criterios de selección	21

3.2.1	Criterios de inclusión	21
3.2.2	Criterios de exclusión	22
3.2.3	Criterios de eliminación	22
3.3	Operacionalización de variables	23
3.4	Etapas del proyecto de investigación	24
3.4.1	Caracterización de los adultos con IC de la clínica Smart Heart.	24
3.4.2	Determinación del GER y las necesidades de macronutrientos.	24
3.4.3	Análisis estadístico de la información	24
3.5	Método estadístico	25
3.5.1	Tipo de muestreo	25
3.5.2	Tamaño de la muestra	25
3.5.3	Pruebas estadísticas	25
3.6	Aspectos éticos	25
4.	Capítulo 4. Resultados	27
4.1	Caracterización de los adultos con IC de la clínica Smart Heart.....	27
4.2	Determinación del GER y las necesidades de macronutrientos	28
4.3	Análisis estadístico de la información	31
5	Capítulo 5. Discusión	35
6	Capítulo 6. Conclusiones	38
7	Capítulo 7. Recomendaciones	39
8	Glosario	40
9	Referencias	41

Resumen

Introducción: es fundamental conocer las necesidades energéticas de los pacientes con IC debido a la compleja fisiopatología de la enfermedad y las múltiples variables dinámicas que disminuyen la confiabilidad de las ecuaciones predictivas.

Objetivo: comparar el gasto energético en reposo y las necesidades de macronutrientes medidos por CI versus ecuaciones predictivas.

Metodología: se realizó un estudio observacional, transversal, retrospectivo donde se recolectaron los resultados de la CI para comparar el GER con 4 ecuaciones predictivas: Harris-Benedict, Mifflin-St. Jeor, 25 kcal/kg/día y 30 kcal/kg/día, así como las necesidades de macronutrientes. Comparando con 1.1 g de proteína kg/día, HCO 50, 55 y 60 % y los lípidos por diferencia de kcal no proteicas menos kcal de HCO. La estadística descriptiva se realizó calculando media, desviación estándar, rango y porcentajes; la estadística inferencial se determinó con prueba de Shapiro-Wilks y el Coeficiente de Correlación Intraclase.

Resultados: la muestra fue de 4 mujeres y 9 hombres, de 58 ± 16.3 años, un IMC de 26.8 ± 5.3 kg/m² y un peso de 70 ± 17.5 kg. La fórmula rápida de 30 kcal/kg/día presentó el valor de R más alto, 0.804, seguida de la fórmula de Harris-Benedict 0.753. La fórmula rápida de 25 kcal/kg/día con 55 % de HCO presentó el valor de correlación más alto, 0.703, seguido de 30 kcal/kg/día con 50 % de HCO, 0.694. Proteínas y lípidos presentaron correlaciones débiles sin significancia estadística.

Conclusiones: la determinación del GER con estimación rápida de 30 kcal/kg/día y 50 % de HCO, presentaron la correlación más alta y un valor de p estadísticamente significativo. El cálculo de proteína y lípidos debe personalizarse.

1. Capítulo 1. Planteamiento del proyecto de investigación

1.1 Planteamiento del problema

La insuficiencia cardiaca (IC) es conocida como un síndrome clínico complejo que resulta de cualquier anomalía funcional o estructural que altere la capacidad del corazón para llenarse o contraerse de forma adecuada (1).

Hoy en día, la IC es un auténtico problema de salud pública; para el 2015 se determinó una prevalencia de 1.6 millones de mexicanos, lo equivalente al 1.3 % de la población y cada año se presentan 600 mil casos nuevos de dicha enfermedad (2,3).

Por otro lado, la IC es la principal causa de hospitalización en adultos mayores de 65 años y se estima una mortalidad del 60 % a los 5 años de diagnóstico, sin importar el grado de severidad, esto asociado a su vez a la presencia de desnutrición (2,3).

En la actualidad, la evidencia demuestra la importancia de la detección precoz de problemas nutricionales en pacientes con IC, debido a la disminución del efecto de las intervenciones terapéuticas y calidad de vida, aceleración en el progreso de la enfermedad, mayor número de reingresos hospitalarios y la asociación con un incremento de la morbi-mortalidad (4).

Por otra parte, además de la detección oportuna de problemas nutricionales, es fundamental conocer las necesidades energéticas reales de estos pacientes debido a la compleja fisiopatología de la enfermedad, que incluye: retención de líquidos, alteraciones metabólicas, mayor masa lipídica, isquemia y una alta prevalencia de desnutrición o caquexia cardiaca, variables dinámicas que reducen la confiabilidad de las ecuaciones o fórmulas predictivas en estos pacientes (5).

De acuerdo con la revisión sistemática realizada en bases de datos como PubMed, EBSCOhost, SciELO, Redalyc y Medigraphic utilizando como criterios de búsqueda *heart failure, indirect calorimetry, nutritional requirement, predictive equation* y *resting energy expenditure*, se encontró únicamente un artículo relacionado con la determinación del gasto energético en pacientes con IC hospitalizados, por lo que se concluye la evidente falta de estudios que comprueben la exactitud de las ecuaciones predictivas utilizadas en la actualidad debido a las múltiples variables dinámicas que influyen en el gasto energético y tipo de sustrato utilizado en el paciente con IC, siendo el equipo de prueba de ejercicio cardio-pulmonar (PCPE) un material poco explotado por el nutriólogo clínico para la determinación fiable de estos parámetros a través de calorimetría indirecta (CI).

Actualmente, no existe una guía de práctica clínica mexicana para el tratamiento nutricional de la presente patología, la cual es una población desatendida en el ámbito nutricional, y con muy poca evidencia sobre su manejo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Comparar el gasto energético en reposo (GER) y las necesidades de macronutrientes medidos por CI versus ecuaciones predictivas en adultos con IC de la clínica Smart Heart.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a los adultos con IC de la clínica Smart Heart.
- Determinar el GER y las necesidades de macronutrientes.
- Analizar estadísticamente los datos obtenidos.

1.3 Justificación

El presente proyecto pretende presentar evidencia sobre la importancia de la intervención nutricia en pacientes con IC, haciendo énfasis en la correcta medición del gasto energético que evite un déficit calórico que promueva la desnutrición o caquexia cardiaca, o una sobrealimentación que favorezca una descompensación metabólica o sintomatología gastrointestinal.

La importancia de la presente investigación radica en la generación de evidencia que sustente que un tratamiento nutricional individualizado, utilizando CI, es indispensable para el mejor pronóstico de los pacientes con IC, siendo el equipo de PCPE una herramienta que día a día se encuentra con mayor facilidad en hospitales o clínicas cardiovasculares y que es útil para el adecuado manejo nutricional de estos pacientes.

Por otro lado, se pretende aportar información sobre las necesidades energéticas y de sustratos de dicha enfermedad basados en población mexicana, que beneficiarán no solo a los pacientes con IC o a la clínica Smart Heart sino también a la comunidad científica y a los profesionales de la nutrición.

1.4 Marco contextual

Smart Heart es una clínica de rehabilitación cardiopulmonar fundada en 2018, enfocada en la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, a través de servicios como consulta de cardiología clínica, nutrición y psicología, toma de ecocardiograma, espirometría, electrocardiograma, prueba de esfuerzo, holter entre otros.

La clínica es dirigida por el Doctor Daniel Iván Pérez Vázquez, cardiólogo con alta especialidad en rehabilitación cardiaca. Cuenta con un equipo multidisciplinario integrado por tres licenciados en fisioterapia con especialidad en rehabilitación

cardiopulmonar, un técnico en enfermería, una maestra en psicoterapia y una licenciada en nutrición.

Dentro de los servicios especializados, Smart Heart ofrece un programa de rehabilitación cardiopulmonar, en el cual se otorga un tratamiento integral individualizado para la mejora de la calidad de vida de aquellos pacientes que han sufrido algún evento cardíaco adverso o algún problema respiratorio crónico, tales como infarto agudo al miocardio, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cateterismo cardíaco, IC, sarcoidosis, cardiopatía congénita, fibrosis pulmonar entre otros.

Este programa cardiopulmonar incluye sesiones de ejercicio físico supervisado y dosificado, acompañamiento psicológico para el manejo de estrés, ansiedad o depresión y consulta de nutrición para la adopción de hábitos saludables de alimentación, con el fin de devolver a cada paciente la capacidad de realizar sus actividades cotidianas y laborales con seguridad.

La clínica ofrece un servicio privado de la más alta calidad y con tecnología de punta, fomentando en su personal una atención individualizada y con sentido humano.

Se atienden pacientes de 16 años en adelante que residen en el estado de Puebla o provenientes del sureste del país, de un nivel socioeconómico medio-alto.

2. Capítulo 2 Marco teórico

2.1 Insuficiencia cardiaca

2.1.1 Definición, signos y síntomas

La Sociedad Europea de Cardiología define la IC como un síndrome clínico caracterizado por síntomas típicos como disnea, fatiga e inflamación de tobillos, que pueden acompañarse por signos como presión venosa yugular elevada, crepitantes pulmonares y edema periférico, causados por una anomalía cardíaca de la estructura o función, dando como resultado un gasto cardiaco reducido y presiones intracardiacas elevadas en reposo o durante el estrés (6).

Por otro lado la Sociedad Argentina de Cardiología la define como un síndrome clínico que responde a la falla en la función de bomba del corazón, definida como la incapacidad de mantener adecuadamente la circulación acorde con los requerimientos metabólicos del organismo, en reposo y esfuerzo, a pesar de condiciones de llenado adecuadas, o hacerlo pero a expensas de la elevación de las presiones de llenado (7).

Ambas sociedades coinciden en que la IC es un síndrome progresivo con un alto índice de mortalidad, que responde a múltiples etiologías y es multiorgánico (6,7).

Los signos y síntomas en IC son poco específicos, pero de gran utilidad para determinar la gravedad de la patología, la respuesta al tratamiento y la estabilidad en el tiempo (Tabla 1).

Tabla 1. Signos y síntomas en pacientes con IC (6)

Síntomas	Signos
<p>Típicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de aliento o disnea • Ortopnea • Disnea paroxística nocturna • Tolerancia reducida al ejercicio • Fatiga • Cansancio • Aumento del tiempo de recuperación post ejercicio • Inflamación de tobillos 	<p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presión venosa yugular elevada • Reflujo hepatoyugular • Tercer sonido cardíaco (ritmo de galope) • Impulso apical desplazado lateralmente
<p>Menos típicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tos nocturna • Sibilancias • Sensación de hinchazón • Pérdida de apetito • Confusión • Depresión • Palpitaciones • Mareo • Síncope • Bendopnea 	<p>Menos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumento de peso (>2kg/semana) • Pérdida de peso • Pérdida de tejido (caquexia) • Soplo cardíaco • Edema periférico (tobillo, sacro, escroto) • Crepitaciones pulmonares • Entrada de aire reducida y matidez a la percusión en las bases pulmonares (derrame pleural) • Taquicardia • Pulso irregular • Taquipnea • Respiración de Cheyne Stokes • Hepatomegalia • Ascitis • Extremidades frías • Oliguria • Presión de pulso estrecho

2.1.2 Etiología

La prevalencia de IC es aproximadamente del 1 al 2 % de la población adulta en países desarrollados; aumentando a más del 10 % entre personas de 70 o más años de edad. En la actualidad existen diversas patologías documentadas tanto cardiovasculares como no cardiovasculares que conspiran para causar IC. La etiología de la IC se puede clasificar en 3 grandes rubros: **miocardio enfermo** (enfermedad cardíaca isquémica, daño tóxico, daño inmunomediado o inflamatorio, infiltración, alteraciones metabólicas y alteraciones genéticas), **condiciones de carga anormales** (hipertensión, defectos estructurales de válvula o miocardio, enfermedades pericárdicas y endomiocárdicas, estados de gasto elevado y sobrecarga de volumen) y **arritmias** (taquiarritmias y bradiarritmias) (6).

2.1.3 Diagnóstico

El diagnóstico inicial de IC puede realizarse con la concentración de péptidos natriuréticos (PN), donde el límite superior de la normalidad en el contexto no agudo para el péptido natriurético de tipo B (BNP) es 35 pg/mL y para la fracción N-terminal del BNP (NT-proBNP) de 125 pg/mL. La elevación de PN puede producirse por numerosas causas, cardiovasculares y no cardiovasculares, que reducen su capacidad diagnóstica en la IC (6).

La electrocardiografía es la prueba más útil en pacientes con sospecha de IC, ya que proporciona información inmediata sobre volúmenes de cámara, la función sistólica y diastólica ventricular, el grosor de la pared, la función valvular y la hipertensión pulmonar. Información crucial para establecer el diagnóstico y determinar el tratamiento apropiado (6).

2.1.4 Clasificación

La terminología utilizada para describir la IC se basa en la medición de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) con ecocardiografía, clasificándose de la siguiente manera (6):

- IC con FEVI normal o conservada ≥ 50 % (IC-FEc)
- IC con FEVI en rango medio 40-49 % (IC-FEm)
- IC con FEVI reducida < 40 % (IC-FEr)

2.1.5 Tratamiento médico

Dentro del tratamiento médico, el enfoque farmacológico en IC tiene como objetivo mejorar el estado clínico, la capacidad funcional y la calidad de vida de los pacientes, así como prevenir el ingreso o reingreso hospitalario y reducir la mortalidad (6).

Dentro de los fármacos más utilizados se encuentran los siguientes:

- **Antagonistas neurohormonales:** antagonista de los receptores de mineralcorticoides/aldosterona (ARM), inhibidor de la enzima convertidora de angiotensina (IECA) y bloqueadores beta. Su objetivo es lograr una inhibición adecuada del sistema renina-angiotensina-aldosterona, la disminución de la frecuencia cardiaca, reduciendo la vasoconstricción, la retención de agua y sodio y la hipertrofia miocardiaca (6).
- **Diuréticos:** de asa, tiazídicos y ahorradores de potasio, los cuales se prescriben con el objetivo de tratar el edema y mantener la euvolemia con la dosis más baja alcanzable, esto monitoreado a través de signos y síntomas de congestión y peso diario (6).
- **Inhibidor del receptor de angiotensina y neprilisina (INRA):** medicamento cuya función es aumentar la diuresis, la natriuresis, la relajación miocárdica y el anti-remodelado. Así como reducir la vasoconstricción, la retención de sodio y agua y la hipertrofia miocárdica (6).
- **Inhibidor del canal It:** cuya función es ralentizar la frecuencia cardiaca, por lo que debe emplearse en pacientes con ritmo sinusal (6).
- **Antagonistas del receptor tipo 1 de la angiotensina II (ARA II):** recomendado para aquellos pacientes que no toleran los IECA (6).

2.1.6 Prueba cardio-pulmonar de ejercicio

La PCPE permite al personal médico evaluar la integración fisiológica al ejercicio de los sistemas cardiovascular, respiratorio, metabólico, musculoesquelético y neurosensorial, y en la práctica clínica permite cuantificar la capacidad de ejercicio que tiene un individuo en condiciones de salud o de enfermedad, a través de la

exploración de los factores limitantes, la evaluación de la tolerancia al ejercicio, y la evaluación del pronóstico y la respuesta a las intervenciones realizadas; por otra parte permite la planificación y evaluación de los programas de rehabilitación cardiopulmonar (8).

En el caso de los pacientes con IC la PCPE es recomendable siempre y cuando estén compensados (8).

Existen dos modalidades de la PCPE: la cinta de correr o banda sin fin, y la bicicleta ergométrica o cicloergómetro (8).

- **PCPE en banda sin fin:** Consiste en una cinta sin fin que es movida por un motor eléctrico sobre la cual el paciente debe caminar a distintas velocidades e inclinación según el protocolo usado (8).
- **PCPE en cicloergómetro:** Es una bicicleta estática cuya carga de trabajo puede ser regulada (8).

Ambas modalidades cuentan con sensores de flujo colocados cerca de la boca que miden la composición del gas inspirado y espirado durante la prueba, es decir el volumen de O₂ y CO₂ que entra y sale de los pulmones durante un período de tiempo (generalmente intervalos de 1 minuto), además se monitorea la frecuencia cardiaca, la tensión arterial y la saturación de oxígeno en todo momento (8).

2.2 Intervención nutricia en insuficiencia cardiaca

2.2.1 Evaluación del estado nutricional

El reto de la evaluación del estado nutricional del paciente con IC radica en la variación continua del peso relacionada con un exceso en el volumen de líquidos que altera la composición corporal (9).

En cuanto al tamizaje o cribado nutricional, la valoración global subjetiva (VGS) brinda un modelo rápido, reproducible y fiable del estado nutricional del paciente con IC, presentando una alta sensibilidad a la detección de malnutrición o riesgo de desnutrición, aunque la necesidad de llevarse a cabo por personal entrenado es su mayor debilidad. Por otro lado, el *Mini Nutritional Assessment* (MNA) en su formato corto o extendido tiene una correlación adecuada con la VGS con la ventaja de no precisar de un entrenamiento previo ni habilidades clínicas para su desarrollo (4,9).

El diagnóstico oportuno de caquexia cardíaca es indispensable para el manejo nutricional del paciente con IC, definiéndose esta como un síndrome metabólico complejo que se asocia a una enfermedad subyacente y se caracteriza por una disminución de masa muscular con o sin pérdida de masa grasa (9).

Para el diagnóstico de caquexia se cuenta con 2 criterios (10):

- El propuesto por Anker *et al* en 2003 que considera una pérdida de peso ≥ 6 % en al menos seis meses (10).
- El propuesto por el Consenso de Caquexia que considera una pérdida de peso no edematoso ≥ 5 % en los 12 meses anteriores o un índice de masa corporal de < 20 kg/m². Cuando esta pérdida de peso no se puede documentar se debe combinar con al menos 3 marcadores característicos de la caquexia: pérdida de fuerza muscular (dinamometría), fatiga (escala de fatiga de DUTCH), anorexia (cuestionario simplificado sobre apetito), bajo índice de masa muscular (tablas de referencia para la población) o alteraciones bioquímicas como inflamación (PCR ≥ 5 mg/l), anemia (hemoglobina < 12 g/dl) o hipoalbuminemia (albúmina < 3.2 g/dl) (10).

2.2.2 Tratamiento nutricional

2.2.2.1 Requerimiento energético y de macronutrientes

En pacientes con IC Pinho recomienda un valor calórico entre 25-30 kcal por kg de peso actual al día (9).

Los hidratos de carbono (HCO) deben representar entre 50-60 % del valor calórico total, evitando HCO simples y de alta carga glucémica (9).

En cuanto al aporte proteico, los requerimientos son de 1.1 g por kg de peso actual en pacientes con adecuado estado nutricional y de 1.5 a 2 g por kg de peso actual en pacientes con caquexia cardíaca (9).

Los lípidos deben aportar 30 % del valor calórico diario limitando el colesterol a < 200 mg al día (9).

2.2.2.2 Ecuaciones predictivas

Determinar las necesidades energéticas de un individuo es un componente indispensable para el profesional de la nutrición y en la práctica clínica se utilizan ecuaciones predictivas para estimar el gasto energético basal (GEB). Usualmente las ecuaciones predictivas han sido desarrolladas con personas sanas, y están basadas en el análisis de regresión que incluye sexo, peso, talla y edad como variables independientes y la CI como variable dependiente (11).

Dentro de las ecuaciones predictivas más utilizadas se encuentran:

- **Harris-Benedict:** publicaron una ecuación de regresión múltiple en 1918 para determinar la producción total de calor por 24 horas tabulada para valores de peso de 25 a 124.9 kg, estatura de 151 a 200 cm, y edades de 21

a 70 años, basada en mediciones realizadas en el laboratorio de Nutrición de Carnegie en Washington a 136 hombres de 16 a 63 años de edad y 103 mujeres de 15 a 74 años con peso normal (12).

Hombre: $66,4730 + [13,7516 \times \text{peso (kg)}] + [5.0033 \times \text{estatura (cm)}] - (6,7550 \times \text{edad})$

Mujer: $655,0955 + [9,5634 \times \text{peso (kg)}] + [1,8496 \times \text{estatura (cm)}] - (4,6756 \times \text{edad})$

- **Mifflin-St Jeor:** ecuación que estima el GER propuesta en 1990, basada en un estudio realizado en la Universidad de Nevada a 498 sujetos sanos, 247 mujeres de 20 a 76 años de edad y 251 hombres de 19 a 78 años de edad con peso normal (n=264), sobrepeso y obesidad (n=234). Mifflin-St Jeor es considerada la fórmula de estimación con mejor exactitud en población con obesidad (13).

Hombre: $[9,99 \times \text{peso (kg)}] + [6,25 \times \text{altura (cm)}] - [4,92 \times \text{edad (años)}] + 5$

Mujer: $[9,99 \times \text{peso (kg)}] + [6,25 \times \text{altura (cm)}] - [4,92 \times \text{edad (años)}] - 161$

2.2.2.3 Patrón de alimentación DASH

El patrón de alimentación DASH, por sus siglas en inglés *Dietary Approach to Stop Hypertension*, está caracterizado por un elevado consumo de frutas y verduras, granos enteros, frutos secos, leguminosas y semillas, y una ingesta alta en proteínas magras como aves y pescado, y productos lácteos bajos en grasa (14).

En cuanto a su contenido de micronutrientes la dieta DASH es rica en potasio, calcio y magnesio, así como arginina, fitoestrógenos y fibra, y baja en grasas saturadas, colesterol, grasas trans, azúcares simples y sodio (14).

Estudios recientes relacionan el patrón de alimentación DASH con menor riesgo de muerte, reducción de la presión y rigidez arterial (mayor elasticidad), menor excreción urinaria de sodio, mejor función diastólica ventricular y mejora en la calidad de vida en pacientes con IC (14).

2.2.2.4 Recomendaciones generales

En cuanto a las recomendaciones nutricionales, en este tipo de pacientes son fundamentales cuatro aspectos: disminución en la ingesta de sodio, disminución de grasas saturadas y colesterol, disminución del consumo de harinas refinadas, y aumento de consumo de fibras solubles y esteroides vegetales (15).

Existen resultados inconsistentes acerca del efecto de la restricción de sodio en pacientes con IC pero la evidencia promueve la reducción de sodio a un nivel “normal”, de 2-3 g al día (15).

Por otro lado, se recomienda la prescripción de alimentos de alta densidad energética y una restricción de líquidos de 1000 a 1500 ml al día (15).

En otros aspectos el uso crónico de diuréticos en altas dosis promueve la excreción de micronutrientes como selenio, tiamina, cinc, magnesio y vitamina C; aunque no existe evidencia suficiente que justifique su suplementación, debe vigilarse una probable deficiencia (9).

2.3 Calorimetría indirecta

El gasto energético total (GET) es definido por la Organización Mundial de la Salud como “el nivel de energía necesario para mantener el equilibrio entre el consumo y el gasto energético, cuando el individuo presenta peso, composición corporal y actividad física compatibles con un buen estado de salud, debiéndose hacer ajustes para individuos con diferentes estados fisiológicos como crecimiento, gestación, lactancia y envejecimiento” (11).

El GET representa la suma del GEB, la termogénesis endógena inducida por los alimentos, la actividad física y las variaciones en situaciones fisiológicas y patológicas específicas de cada individuo (16).

El GEB constituye entre el 60 y 70 % del GET en la mayoría de los adultos sedentarios y se definió como la tasa mínima de gasto energético compatible con la vida, o la energía requerida para mantener la actividad metabólica de células y tejidos, la circulación sanguínea, la respiración, la función gastrointestinal y renal, así como la energía asociada a permanecer despierto (17,18).

Este estado metabólico estandarizado se produce después de un ayuno nocturno de 12 a 14 horas, descansando cómodamente, en decúbito supino, despierto e inmóvil en un ambiente termoneutral (18).

El GER se obtiene cuando la determinación no se hace en ayuno, incluyendo por tanto la energía utilizada para el aprovechamiento biológico de los alimentos, siendo de un 10 a un 20 % más alto que en condiciones basales (11).

El gasto energético se ve afectado por la masa libre de grasa, la edad, el sexo, el estado nutricional, variaciones heredadas, diferencias en el estado endócrino, el peso corporal, entre otras múltiples variables (11).

El GEB y el GER pueden ser estimados mediante ecuaciones predictivas o medidos mediante distintos métodos como: calorimetría directa, CI, impedancia bioeléctrica o agua doblemente marcada (17).

La CI es un método que permite estimar la producción de energía equivalente a la GEB y la tasa de oxidación de los sustratos energéticos. El GEB se determina a través de los equivalentes calóricos del oxígeno (O_2) consumido y el dióxido de carbono (CO_2) producido, cuyas cantidades varían según el sustrato energético que se esté utilizando (16).

La CI puede ser de dos tipos: CI circulatoria y CI ventilatoria.

La CI circulatoria se basa en la determinación del oxígeno en la sangre arterial y venosa mixta, el gasto cardíaco, y la hemoglobina para la posterior aplicación de la ecuación de Fick, esto mediante la inserción de un catéter Swan-Ganz (16).

En la CI ventilatoria el paciente requiere respirar aire a una concentración determinada, a través de una boquilla cerrando la nariz con una pinza, utilizando una mascarilla. La respiración produce depleción de O₂ y acumulación de CO₂ en la cámara de aire. La cantidad de O₂ consumido y de CO₂ producido se determina multiplicando la frecuencia de ventilación, típicamente de 1 L/seg, por el cambio en la concentración del gas, mientras que el GEB se calcula usando el consumo de O₂, la producción de CO₂ y la producción de nitrógeno urinario con la ecuación de Weir (11,16).

Esta técnica asume que todo el O₂ inspirado se utiliza en el metabolismo oxidativo y que todo el CO₂ deriva de la oxidación completa de nutrientes. La relación entre O₂ y CO₂, permite estimar los sustratos utilizados dependiendo del coeficiente respiratorio. La oxidación completa de la glucosa tiene un coeficiente respiratorio de 1, mientras que el de los lípidos es de 0.7 y el de las proteínas de 0.83 (17).

La CI se basa en el principio de intercambio de gases y está indicada en situaciones clínicas donde se altera considerablemente el metabolismo energético basal, como es el caso del enfermo crítico, del paciente con obesidad, del adulto de edad avanzada o de cualquier sujeto que no responda favorablemente al tratamiento dietético indicado (16).

La Academia de Nutrición y Dietética estableció una serie de recomendaciones para cuando sea necesaria la medición del GER que incluyen (19):

- Un periodo de descanso de 30 minutos antes de comenzar la medición, siendo suficiente un mínimo de 20 minutos.
- Se sugiere descartar los datos de los primeros 5 minutos y luego usar una definición de estado estable validada para el resto de la medición.
- La medición puede realizarse en cualquier momento del día siempre que se logren las condiciones de reposo y el adulto se encuentre en una habitación silenciosa, con luces tenues, en una posición decúbito supino.
- Procurar una temperatura ambiente entre 22 a 25 °C, proporcionando una manta en caso de ser necesario.
- Asegurar un ayuno de al menos 7 horas, o instruir al individuo que puede realizar una comida de aproximadamente 300 kcal 4 horas antes de la medición.
- Se debe abstener la ingesta de cafeína u otros estimulantes durante al menos 4 horas antes de la medición.
- Evitar el consumo de nicotina durante más de 140 minutos antes de la medición
- No se debe realizar actividad física por un periodo de entre 12 a 48 horas dependiendo la intensidad y duración de la actividad.
- Si el coeficiente respiratorio cae fuera del rango fisiológico (<0.67 o >1.3), se debe sospechar un error y repetir la medición. Por el contrario si cae entre 0.67 y 0.90 se debe aceptar la medición sin probabilidad de error y si se encuentra entre 0.91 y 1.3 se podría sospechar de un problema y considerar repetir la medición.

3. Capítulo 3 Marco metodológico

3.1 Características del estudio

3.1.1 Ubicación espacio temporal

Este estudio se llevó a cabo en la clínica de Smart Heart, de julio a octubre del 2020.

3.1.2 Tipo de estudio

El presente proyecto de investigación tuvo las siguientes características:

- **Observacional:** corresponde a un proyecto de investigación cuyo objetivo es la “observación y registro” de acontecimientos sin intervenir en el curso natural de estos (20).
- **Transversal:** implica una única medición en un periodo de tiempo establecido (20).
- **Restrospectivo:** los datos son recopilados de hechos pasados (20).

Por otra parte, el estudio tuvo un alcance de tipo exploratorio y descriptivo.

3.2 Criterios de selección

3.2.1 Criterios de inclusión

- Pacientes que asistieron a la clínica Smart Heart, con diagnóstico de IC, que firmaron la carta de consentimiento informado y se les realizó PCPE con analizador de gases.

3.2.2 Criterios de exclusión

- Pacientes con enfermedad renal crónica, enfermedad hepática o cáncer.

3.2.3 Criterios de eliminación

- Pacientes cuya CI presentó un coeficiente respiratorio < 0.67 o > 1.3 .

3.3 Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Unidad de medición	Tipo de variable	Escala de medición	Puntos de corte
GER	Energía necesaria para mantener las actividades metabólicas vitales que incluye el efecto térmico de los alimentos (18).	<p>CI y ecuaciones predictivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Harris-Benedict • Mifflin-St Jeor • Estimación rápida de 25 y 30 kcal/kg/día. 	kcal	Cuantitativa Continua	Razón	N/A
Requerimiento de HCO	Expresión numérica de la cantidad que se considera necesaria de HCO para mantener la salud óptima de un individuo (21).	CI y estimación al 50, 55 y 60 % del GER	g o %	Cuantitativa Continua	Razón	N/A
Requerimiento de lípidos	Expresión numérica de la cantidad que se considera necesaria de lípidos para mantener la salud óptima de un individuo (21).	CI y por diferencia de kcal no proteicas menos kcal de HCO.	g o %	Cuantitativa Continua	Razón	N/A
Requerimiento de proteínas	Nivel más bajo de ingesta de proteína dietética que equilibrará las pérdidas de nitrógeno del cuerpo y mantendrá la masa proteica del mismo (22).	CI y estimación con 1.1 g/kg/día	g o %	Cuantitativa Continua	Razón	N/A

3.4 Etapas del proyecto de investigación

3.4.1 Caracterización de los adultos con IC de la clínica Smart Heart.

- Recolectar del expediente clínico edad, diagnóstico médico, peso en kilos y talla en metros de cada paciente.
- Calcular índice de masa corporal (IMC) y determinar diagnóstico antropométrico.

3.4.2 Determinación del GER y las necesidades de macronutrientos.

- Recolectar GER y necesidades de macronutrientos de la CI del equipo CPET marca BTL.
- Calcular GER de cada paciente con las siguientes ecuaciones predictivas:
 - Mifflin-St Jeor
 - Harris-Benedict
 - Estimación rápida 25 kcal/kg/día y 30 kcal/kg/día.
- Calcular las necesidades de macronutrientos de cada paciente:
 - HCO 50, 55 y 60 %
 - Proteína 1.1 g/kg/día.
 - Lípidos: cálculo por diferencia de kcal no proteicas menos kcal de HCO.

3.4.3 Análisis estadístico de la información

- Calcular el valor de R del Coeficiente de Correlación Intraclase para cada ecuación predictiva con respecto a la CI, así como para los g de cada macronutriente.
- Determinar el grado de correlación de las variables a partir de la interpretación de Hernández-Sampieri et al, 2017.
- Calcular el valor de p con intervalo de confianza del 95 % y establecer si las correlaciones de las variables son estadísticamente significativas.

3.5 Método estadístico

3.5.1 Tipo de muestreo

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia ya que se eligió a los participantes del estudio con características determinadas, con base en los criterios de inclusión, exclusión y eliminación.

3.5.2 Tamaño de la muestra

La muestra estuvo conformada por 13 individuos que asistieron a la clínica Smart Heart, con diagnóstico de IC, y que contaban en la base de datos con al menos una PCPE con analizador de gases y un expediente clínico completo que cumplía con los criterios de inclusión establecidos.

3.5.3 Pruebas estadísticas

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante estadística descriptiva, para las variables cuantitativas, calculando media, como medida de tendencia central, así como medidas de variabilidad o dispersión, desviación estándar y rango. Para las variables cualitativas se utilizaron porcentajes.

En cuanto a estadística inferencial, para determinar la correlación entre las variables del estudio, primero se calculó la normalidad de las mismas mediante la prueba de Shapiro-Wilks; posteriormente se calculó el Coeficiente de Correlación Intraclase.

3.6 Aspectos éticos

La información personal, clínica y antropométrica de los pacientes pertenecientes al programa de rehabilitación cardiopulmonar en la clínica Smart Heart será manipulada con completa confidencialidad y expuesta únicamente para fines de estudio y de forma anónima. El proyecto de investigación está basado en los principios del Artículo 5º del Código de Ética del Nutriólogo del Colegio Mexicano de Nutriólogos A.C y el Principio 24 de la Declaración de Helsinki (23,24).

Por otro lado la Universidad Iberoamericana Puebla cuenta con un Código de ética para la Investigación en el cual se estipula que el investigador debe actuar con responsabilidad, honestidad y transparencia, orientando la búsqueda y aplicación de su conocimiento en asuntos de trascendencia social, asegurando la validez, fiabilidad y credibilidad de sus métodos, fuentes y datos.

A su vez enfatiza la obligación de difundir y publicar los resultados de la investigación, respetando los derechos de autor y las contribuciones de cualquier colaborador (25).

4. Capítulo 4. Resultados

Con base en el objetivo general de comparar el GER y las necesidades de macronutrientes medidas por CI versus ecuaciones predictivas, se presentan los resultados obtenidos.

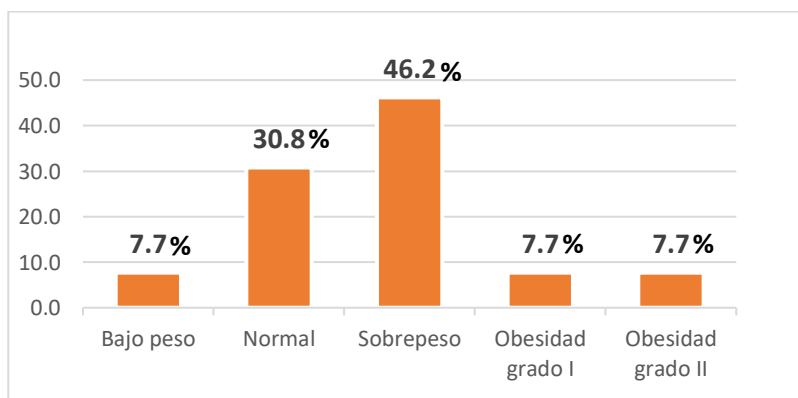
4.1 Caracterización de los adultos con IC de la clínica Smart Heart

La clínica Smart Heart ha atendido un total de 67 pacientes con IC desde su apertura hasta septiembre del presente año, de los cuales 21 no tuvieron una PCPE, 26 cuentan con la PCPE sin analizador de gases y únicamente 17 pacientes tuvieron un registro de al menos una PCPE con analizador de gases, criterio de inclusión fundamental para el presente proyecto.

Al revisar las 17 calorimetrías incluidas en la PCPE con analizador de gases se encontraron 4 pacientes cuyo coeficiente respiratorio salía del rango establecido por lo que fueron eliminados del proyecto.

La muestra con la que se trabajó a lo largo de la investigación fue de 13 pacientes de los cuales hubo 4 mujeres y 9 hombres, de un promedio de edad de 58 ± 16.3 años, un IMC de $26.8 \pm 5.3 \text{ kg/m}^2$ y un peso promedio de $70 \pm 17.5 \text{ kg}$, sin signos de sobrecarga de volumen. La gráfica 1 muestra la distribución del IMC en la muestra.

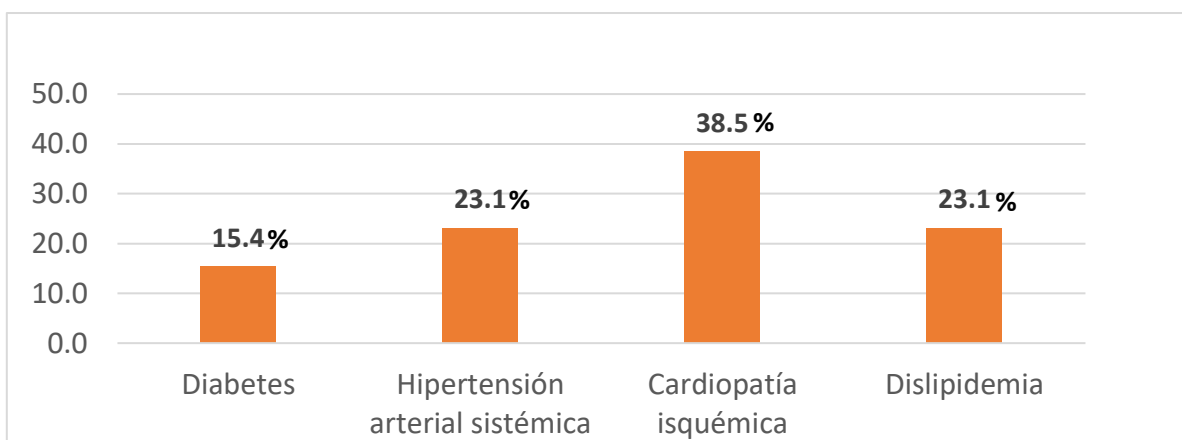
Gráfica 1. Índice de masa corporal



En cuanto a la clasificación de la IC, de acuerdo con la medición de la FEVI, los pacientes presentaron una FEVI promedio de 37.8 ± 14.6 % distribuyéndose de la siguiente manera: 76.9 % de los pacientes tuvieron IC-FEr, 15.4 % IC-FEc y 7.7 % IC-FEm.

Por otro lado, se consideraron también las comorbilidades presentes con mayor frecuencia en este tipo de pacientes; la gráfica 2 muestra los porcentajes reportados.

Gráfica 2. Comorbilidades del grupo de estudio



4.2 Determinación del GER y las necesidades de macronutrientos

Se recolectaron los valores de GER y las necesidades de macronutrientos determinados por CI de los 13 pacientes incluidos en el estudio gracias al equipo CPET; en la tabla 2 se muestran los resultados en diferentes unidades, así como la media, desviación estándar (DE) y rango.

En la siguiente tabla se resalta que el promedio de kcal/kg/día de los resultados obtenidos por CI es de 25 ± 3.4 y de g proteína/kg de 1.4 ± 0.4 .

Tabla 2. GER y requerimiento de macronutrientos de CI

	Media	DE (+)	Rango
GER (kcal/día)	1737.5	417.2	1056-2520
kcal/kg/día	25	3.4	18.9-33.6
g proteína/día	95.4	18.6	43.6-109.8
Proteína g/kg/día	1.4	0.4	0.6-2.2
g HCO/día	234.9	96.8	106-420
% HCO/día	53	14.4	27.4-84.4
g lípidos/día	46.3	25.9	13-87

Al mismo tiempo se determinó el GER de los 13 pacientes a través de ecuaciones predictivas, para posteriormente determinar la diferencia en porcentaje existente con cada ecuación, la tabla 3 muestra los valores antes mencionados.

Tabla 3. GER determinado por ecuaciones predictivas y diferencia en % con respecto a CI

	Media	DE (+)	Rango
kcal/día Harris-Benedict	1442.3	298.6	1012.7-2046.4
Diferencia en % Harris-Benedict	-15.1	14.5	-35.4-+21.3
kcal/día Mifflin-St Jeor	1425	239.1	1070.8-1866.5
Diferencia en % Mifflin-St Jeor	-15.5	15.2	-33-+20.7
25 kcal/kg/día	1749.2	437.8	1135-2592.5
Diferencia en % 25 kcal/kg/día	1.5	13.3	-25.7-+32.1
30 kcal/kg/día	2099.1	525.4	1362-3111
Diferencia en % 30 kcal/kg/día	21.8	16	-10.8-+58.5

En la tabla anterior se destaca que, en promedio, la ecuación predictiva que más subestima el GER en pacientes con IC es Mifflin-St Jeor, con -15.5 % de diferencia, mientras que la que reportó mayor sobreestimación fue 30 kcal/kg/día con una media de 21.8 %, en tanto que la estimación que menor diferencia reportó fue 25 kcal/kg/día con un promedio de 1.5 %.

El cálculo de proteína se realizó con 1.1 g/kg/día, se obtuvo una media 77 ± 19.3 g al día, con un rango de 49.9-114.1 g al día.

Por último, para el cálculo del requerimiento de HCO se utilizaron 3 distribuciones para cada ecuación predictiva: 50, 55 y 60 %; por otro lado, en todos los casos los lípidos se determinaron por diferencia kcal no proteica menos kcal de HCO.

Las tablas 4 a 7 muestran los resultados obtenidos por cada ecuación.

Tabla 4. Cálculo del requerimiento de HCO y lípidos con base en el GER calculado con la fórmula de Harris-Benedict

Ecuación predictiva	Distribución de HCO y de lípidos	Media	DE (±)	Rango
Harris-Benedict	50 % HCO (g)	180.3	37.3	126.6-255.8
	Lípidos por diferencia (g)	45.9	9.5	33.3-63
	55 % HCO (g)	198.3	41.1	139.2-281.4
	Lípidos por diferencia (g)	37.9	8	27.3-51.6
	60 % HCO (g)	216.3	44.8	151.9-307
	Lípidos por diferencia (g)	29.9	6.5	20.8-40.3

Tabla 5. Cálculo del requerimiento de HCO y lípidos con base en el GER calculado con la fórmula de Mifflin-St Jeor

Ecuación predictiva	Distribución de HCO y de lípidos	Media	DE (±)	Rango
Mifflin St Jeor	50 % HCO (g)	178.1	29.9	133.9-233.3
	Lípidos por diferencia (g)	45	6.6	34.5-53
	55 % HCO (g)	195.9	32.9	147.2-256.6
	Lípidos por diferencia (g)	37	5.6	28-45.9
	60 % HCO (g)	213.7	35.9	160.6-280
	Lípidos por diferencia (g)	29.1	4.7	21.4-38.3

Tabla 6. Cálculo del requerimiento de HCO y lípidos con base en el GER calculado con estimación rápida de 25 kcal/kg/día

Ecuación predictiva	Distribución de HCO y de lípidos	Media	DE (±)	Rango
25 kcal/kg/día	50 % HCO (g)	218.7	54.7	141.9-324.1
	Lípidos por diferencia (g)	63	15.8	40.9-93.3
	55 % HCO (g)	240.5	60.2	156.1-356.5
	Lípidos por diferencia (g)	53.3	13.3	34.6-78.9
	60 % HCO (g)	262.4	65.7	170.3-388.9
	Lípidos por diferencia (g)	43.5	10.9	28.2-64.5

Tabla 7. Cálculo del requerimiento de HCO y lípidos con base en el GER calculado con estimación rápida de 30 kcal/kg/día

Ecuación predictiva	Distribución de HCO y de lípidos	Media	DE (±)	Rango
30 kcal/kg/día	50 % HCO (g)	262.4	65.7	170.3-388.9
	Lípidos por diferencia (g)	82.4	20.6	53.5-122.1
	55 % HCO (g)	288.6	72.2	187.3-427.8
	Lípidos por diferencia (g)	70.7	17.7	45.9-104.9
	60 % HCO (g)	314.9	78.8	204.3-466.7
	Lípidos por diferencia (g)	59.1	14.8	38.3-87.6

4.3 Análisis estadístico de la información

Con los datos presentados con anterioridad se calculó el valor de R del Coeficiente de Correlación Intraclass para cada una de nuestras variables con respecto a la CI, así como el valor de p, la tabla 8 muestra los datos obtenidos para GER con su respectiva interpretación, la tabla 9 muestra los resultados de correlación y significancia del requerimiento proteico y las tablas 10 a 13 el valor de R y p para el requerimiento de HCO y lípidos según cada ecuación predictiva utilizada.

Tabla 8. Correlación del GER medido por CI versus ecuaciones predictivas

Ecuación predictiva	Valor de R	Interpretación	Valor de p
Harris-Benedict	0.753	Correlación positiva considerable	0.000
Mifflin-St Jeor	0.715	Correlación positiva media	0.000
25 kcal/kg	0.082	No existe correlación alguna entre las variables	0.442
30 kcal/kg	0.804	Correlación positiva considerable	0.000

Tabla 9. Correlación del requerimiento proteico medido por CI versus 1.1 g/kg/día

	Valor de R	Interpretación	Valor de p
1.1 g proteína/kg	0.295	Correlación positiva débil	0.200

Tabla 10. Correlación de requerimiento de HCO y lípidos medidos por CI versus diferentes distribuciones calculadas con la fórmula de Harris-Benedict

Ecuación predictiva	Distribución de HCO y de lípidos	Valor de R	Interpretación	Valor de p
Harris-Benedict	50 % HCO (g)	0.486	Correlación positiva débil	0.082
	Lípidos por diferencia (g)	0.238	Correlación positiva muy débil	0.321
	55 % HCO (g)	0.564	Correlación positiva media	0.066
	Lípidos por diferencia (g)	0.165	Correlación positiva muy débil	0.359
	60 % HCO (g)	0.625	Correlación positiva media	0.054
	Lípidos por diferencia (g)	0.097	No existe correlación alguna entre las variables	0.401

Tabla 11. Correlación de requerimiento de HCO y lípidos medidos por CI versus diferentes distribuciones calculadas con la fórmula de Mifflin-St Jeor

Ecuación predictiva	Distribución de HCO y de lípidos	Valor de R	Interpretación	Valor de p
Mifflin-St Jeor	50 % HCO (g)	0.495	Correlación positiva débil	0.059
	Lípidos por diferencia (g)	0.282	Correlación positiva débil	0.272
	55 % HCO (g)	0.578	Correlación positiva media	0.046
	Lípidos por diferencia (g)	0.201	Correlación positiva muy débil	0.312
	60 % HCO (g)	0.648	Correlación positiva media	0.036
	Lípidos por diferencia (g)	0.128	Correlación positiva muy débil	0.356

Tabla 12. Correlación de requerimiento de HCO y lípidos medidos por CI versus diferentes distribuciones calculadas con estimación rápida de 25 kcal/kg/día

Ecuación predictiva	Distribución de HCO y de lípidos	Valor de R	Interpretación	Valor de p
25 kcal/kg/día	50 % HCO (g)	0.674	Correlación positiva media	0.034
	Lípidos por diferencia (g)	0.479	Correlación positiva débil	0.142
	55 % HCO (g)	0.703	Correlación positiva media	0.027
	Lípidos por diferencia (g)	0.446	Correlación positiva débil	0.172
	60 % HCO (g)	0.693	Correlación positiva media	0.023
	Lípidos por diferencia (g)	0.361	Correlación positiva débil	0.212

Tabla 13. Correlación de requerimiento de HCO y lípidos medidos por CI versus diferentes distribuciones calculadas con estimación rápida de 30 kcal/kg/día

Ecuación predictiva	Distribución de HCO y de lípidos	Valor de R	Interpretación	Valor de p
30 kcal/kg/día	50 % HCO (g)	0.694	Correlación positiva media	0.023
	Lípidos por diferencia (g)	0.421	Correlación positiva débil	0.102
	55 % HCO (g)	0.649	Correlación positiva media	0.019
	Lípidos por diferencia (g)	0.470	Correlación positiva débil	0.123
	60 % HCO (g)	0.587	Correlación positiva media	0.016
	Lípidos por diferencia (g)	0.473	Correlación positiva débil	0.153

Para el cálculo del GER, la fórmula rápida de 30 kcal/kg/día fue la ecuación predictiva que presentó el valor de R más alto, siendo una correlación positiva considerable, con un valor de p estadísticamente significativo, para el caso de la fórmula de Harris-Benedict se encontró la misma interpretación.

El valor de R para el cálculo de proteínas por 1.1 g/kg/día presentó una correlación positiva débil, sin significancia estadística.

En cuanto al cálculo de HCO, 25 kcal/kg/día con 55 % de HCO presentó el valor de correlación más alto, 0.703, seguido de 30 kcal/kg/día con 50 % de HCO, ambos estadísticamente significativos.

En el caso de los lípidos todas las correlaciones presentaron valores débiles, muy débiles o nulas, sin significancia estadística.

5 Capítulo 5. Discusión

Al comparar el GER medido por CI versus ecuaciones predictivas observamos que ninguna ecuación presentó una correlación positiva muy fuerte o perfecta, siendo la fórmula rápida de 30 kcal/kg/día la que reportó el Coeficiente de Correlación Intraclase con el valor más cercano a 1, 0.804, y un valor de p estadísticamente significativo, 0.000, por otro lado, analizando esta misma fórmula con diferencia de porcentaje se observó un promedio de sobrestimación de 21.8 %, considerando preciso un valor de ± 10 o 15 %, lo que suena contradictorio ya que 25 kcal/kg/día presentó una diferencia en porcentaje de 1.5 % y fue la única ecuación donde no existió correlación alguna entre variables y un valor de p no significativo (26).

Por otro lado, aunque la evidencia reporta que la fórmula de Harris-Benedict suele sobrestimar el GER en pacientes adultos o con exceso de peso, en esta investigación los resultados fueron opuestos, encontrándose una subestimación de -15.1 % del GER en pacientes con IC. Aunque dicha ecuación fue estadísticamente significativa con una correlación positiva considerable (5,26,27).

Yost y colaboradores (2015), realizaron CI preoperatoria a 98 pacientes con IC avanzada hospitalizados para la implementación de dispositivos de asistencia ventricular izquierda donde compararon 10 ecuaciones predictivas, en las que se encontraban Harris-Benedict y Mifflin-St Jeor, la muestra fue de 22 mujeres y 76 hombres de edad promedio de 59.4 ± 12.5 años, IMC de 29.6 ± 6.0 kg/m² y una FEVI de 19.4 ± 6.6 %. La CI reportó un GER promedio de 1610.0 ± 612.7 kcal/día, mientras que las 10 ecuaciones comparadas sobrestimaron significativamente el GER. Los autores concluyeron que las ecuaciones predictivas son incapaces de responder a los procesos fisiológicos dinámicos del paciente con IC avanzada incluyendo retención de líquidos, alteraciones metabólicas y mayor masa lipídica, sugiriendo que las demandas calóricas en esta población están disminuidas en comparación con individuos sanos, probablemente como resultado de trastornos como caquexia cardíaca, reducción de la perfusión sistémica e isquemia de órganos

terminales; lo que coincide con los resultados encontrados en el presente estudio con fórmula rápida de 30 kcal/kg/día.

Asimismo, dichos autores enfatizaron que la ecuación de Brandi logró la correlación más alta y el error estándar más bajo de la estimación, siendo la única ecuación que considera la frecuencia cardiaca entre sus variables. El presente estudio no incluyó dicha ecuación ya que entre sus variables considera la ventilación por minuto (5).

Aunque se encontraron similitudes en las características de la población de esta investigación y el estudio de Yost y colaboradores, los resultados fueron contradictorios ya que Harris-Benedict y Mifflin-St Jeor reportaron una subestimación del GER, esto probablemente relacionado a que aunque los pacientes presentaban la misma patología, en este proyecto los individuos se encontraban estables, en tratamiento ambulatorio con una FEVI promedio mayor (5).

En otros aspectos, Mazzo R y colaboradores, en una revisión sistemática de ecuaciones predictivas versus CI en pacientes oncológicos con tumores sólidos, concluyeron que determinar con precisión el GER es de suma importancia ya que la terapia nutricional debidamente planificada mejora la calidad de vida y la supervivencia, y reduce los costos del tratamiento, lo cual hasta ahora ha representado un reto debido a las variaciones obtenidas con las fórmulas predictivas. En concordancia, los resultados aquí reportados muestran que 2 de las 4 ecuaciones tienden a subestimar y 1 a sobrestimar el GER (26).

Con respecto al requerimiento proteico la CI reportó un promedio de 1.4 ± 0.4 g/día, siendo el valor mínimo de 0.6g/día y el máximo de 2.2 g/día; el cálculo de la proteína por 1.1 g/kg/día resultó tener una correlación positiva débil y un valor de p no significativo, lo que probablemente se debió a la necesidad de determinar los gramos de este macronutriente de acuerdo con un análisis personalizado de la composición corporal del paciente, en pro de prevenir la caquexia cardiaca.

En cuanto al aporte de HCO se encontraron 8 valores con un coeficiente de correlación intraclase positivo medio y un valor de p estadísticamente significativo, lo que llevó a priorizar de acuerdo con la ecuación predictiva con mayor correlación que fue 30 kcal/kg/día, considerando la premisa anterior, 50 % de HCO con 30 kcal/kg/día resultó ser la mejor alternativa para el cálculo de este macronutriente, con un valor de R de 0.694, y un valor de p de 0.023.

Por último, ninguna de las variables de lípidos resultó precisa en comparación con la CI, probablemente debido a que fue el macronutriente al que no se le dio prioridad, y al calcularse por diferencia ningún valor se acercó al estándar de oro.

6 Capítulo 6. Conclusiones

En caso de no contar con CI la determinación del GER podría realizarse utilizando la fórmula rápida de 30 kcal/kg/día. Por otro lado, se podría considerar que la mejor recomendación de distribución de HCO es del 50 % con respecto al GER, ya que fueron las variables con mayor correlación, además de ser estadísticamente significativas. Mientras que el aporte de proteína y lípidos debe personalizarse de acuerdo con la evaluación antropométrica, clínica, bioquímica, dietética y del estilo de vida del paciente.

Harris-Benedict, Mifflin-St Jeor y 25 kcal/kg/día son ecuaciones inexactas para la determinación del GER del adulto con IC.

1.1 g/kg/día de proteína resultó ser una recomendación inadecuada para el paciente con IC, siendo un rango de 1.0 a 1.8 g/kg/día una recomendación más amplia que podría ajustarse a las necesidades específicas del individuo.

Aunque la CI es el estándar de oro para la determinación del GER del paciente con IC, en algunos casos puede estar contraindicada y no ser factible (disnea, IC avanzada).

En las clínicas de IC, en los consultorios de cardiología o en las clínicas de rehabilitación cardiopulmonar que realicen PCPE con analizador de gases debe ser prioridad la utilización de los resultados de la CI para el nutriólogo que forme parte del equipo multidisciplinario, ya que en ocasiones es una herramienta que existe, pero es desconocida y poco aprovechada.

7 Capítulo 7. Recomendaciones

Para futuras investigaciones es importante ampliar el tamaño de la muestra, y analizar los datos a través de subgrupos de edad, diagnóstico de IMC y clasificación de IC de acuerdo con la FEVI.

Asimismo, debería aplicarse un protocolo de determinación de CI de acuerdo con las recomendaciones establecidas por la Academia de Nutrición y Dietética que garantice la fiabilidad de los datos y el menor riesgo de encontrar coeficientes respiratorios fuera de rango; de ser posible que el nutriólogo parte del equipo multidisciplinario que se encuentre durante la realización de la PCPE con analizador de gases para vigilar la correcta implementación de dicho protocolo.

Se sugiere proponer el diseño de una ecuación predictiva que considere las variables dinámicas que dificultan la correcta determinación del GER en el paciente con IC en adultos mexicanos.

Se recomienda la planificación de un estudio de intervención con los datos arrojados por la CI para demostrar el efecto de la correcta determinación del GER y las necesidades de macronutrientes en el paciente con IC.

8 Glosario

- **Calorimetría indirecta:** método no invasivo y validado para determinar la tasa metabólica en reposo, estableciendo el gasto energético por medio de los equivalentes calóricos del oxígeno consumido y del dióxido de carbono producido (27).
- **Caquexia cardiaca:** síndrome metabólico y neuroendócrino caracterizado por un estado inflamatorio exacerbado, pérdida de peso significativa no edematosa, pérdida de fuerza muscular, fatiga, anorexia y alteraciones bioquímicas como: anemia e hipoalbuminemia (10).
- **Disnea:** dificultad de respirar (28).
- **Edema:** hinchazón blanda de una parte del cuerpo, que cede a la presión y es ocasionada por la serosidad infiltrada en el tejido celular (28).
- **Insuficiencia cardiaca:** síndrome clínico caracterizado por síntomas típicos (disnea, hinchazón de tobillos y fatiga), que pueden acompañarse por signos (presión venosa yugular elevada, crepitaciones pulmonares y edema periférico), causados por una anomalía cardiaca de tipo estructural o funcional, lo que resulta en un gasto cardiaco reducido y/o presiones intracardiacas elevadas en reposo o durante el estrés (10).
- **Prueba cardio-pulmonar de ejercicio:** herramienta que permite evaluar la integración fisiológica al ejercicio de los sistemas cardiovascular, respiratorio, metabólico, musculoesquelético y neurosensorial (29).
- **Sibilancias:** sonido agudo al paso del aire por los conductos respiratorios, debido a un estrechamiento bronquial (28).
- **Síncope:** pérdida repentina del conocimiento y de la sensibilidad, debida a la suspensión súbita y momentánea de la acción del corazón (28).

9 Referencias

1. Argüero R, Magaña J.M. Insuficiencia cardiaca. Seminario. El ejercicio actual de la medicina. [Internet]. México: UNAM. Feb 2008. [citado 17 sep 2019]. Disponible en: http://www.facmed.unam.mx/eventos/seam2k1/2008/feb_01_ponencia.html
2. Análisis de Deloitte Acces Economics, empleando datos de Juárez-Herrera y Jerjes-Sánchez (2013), Mozaffarian, et al (2014), Rodríguez, et al (2006), Rosa, et al (2011), Rosamond, et al (2008) y Naciones Unidas (2015).
3. Mozaffarian D, Benjamin E, Go A, Arnett D, Blaha M, Cushman M. et al. Heart Disease and Stroke Statistics—2015 Update. A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2015;131(4):29-322.
4. Guerra L, Martínez C, Fresno M. Cribado nutricional en pacientes con insuficiencia cardiaca: análisis de 5 métodos. *Nutr Hosp*. 2015;31(2):890-899.
5. Yost G, Gregory M, Bhat G. Nutrition assessment with indirect calorimetry in patients evaluated for left ventricular assist device implantation. *Nutrition in Clinical Practice*. ASPEN. 2015;30(5)690-697.
6. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European Heart Journal*. 2016;37(27):2129–2200.
7. Sociedad Argentina de Cardiología. Consenso de insuficiencia cardiaca crónica. *Revista Argentina de Cardiología*. 2016;84(3):1-50.
8. Cid S, Miguel JL, Cortés A, et al. Prueba cardiopulmonar de ejercicio. Recomendaciones y procedimiento. *Neumol Cir Torax*. 2015;74(3):207-221.
9. Pinho CPS. Nutritional Aspects in Heart Failure. *J Nutr Health Sci*. 2014;1(3):305.
10. Fernandes N, Porto C, Pacheco AJ, et al. Cachexia in hospitalized patients with heart failure. *Nutr Hosp* 2018;35(3):669-676.
11. Vargas M, Lancheros L, Barrera MP. Gasto energético en reposo y composición corporal en adultos. *Rev Fac Med*. 2011;59 (Supl 1):S43-S58.

12. Harris A, Benedict F. A biometric study of human basal metabolism. Nutrition Laboratory and Station for Experimental Evolution, Carnegie Institution of Washington. 1918;370-373.
13. Mifflin M, Jeor S, Scott B, Daugherty, Koh Y. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. Am J Clin Nutr. 1990;51:241-247.
14. Rifai L, Silver M. A review of the DASH diet as an optimal dietary plan for symptomatic heart failure. Prog. Cardiovasc. Dis. 2016;58:548-554.
15. Abshire M, Xu J, Baptiste D, et al. Nutritional interventions in heart failure: A systematic review of the literature. J Card Fail. 2015;21(12):989–999.
16. Heather A, Haugen P, Lingtak C, et al. Indirect Calorimetry: A Practical Guide for Clinicians. ASPEN. Nutrition in Clinical Practice. 2007;22:377–388.
17. Marsé P, Diez M, Raurich J. Calorimetría: aplicaciones y manejo. Nutr Clin Med. 2008;II(3):155-166.
18. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients). Washington, DC, USA: National Academies Press, 2005. ProQuest ebrary. Web. 10 September 2015. Copyright © 2005. National Academies Press. All rights reserved.
19. Fullmer S, Benson S, Earthman C, Frankenfield D, Gradwell E, Lee P, Piemonte T, et al. Evidence Analysis Library Review Of Best Practices For Performing Indirect Calorimetry In Healthy And Noncritically Ill Individuals. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2015;115(9):1417-1446.
20. Manterola C, Otzen T. Estudios Observacionales. Los Diseños Utilizados con Mayor Frecuencia en Investigación Clínica. Int. J. Morphol. 2014;32(2):634-645.
21. Charney P, Malone A. ADA pocket guide to nutrition assessment. 2^a ed. ADA Chicago, Illinois. 2009.
22. FAO/WHO/UNU. Protein and amino acid requirements in human nutrition. 2002: Geneva, Switzerland.

23. Colegio Mexicano de Nutriólogos A.C. Código de ética profesional del nutriólogo. Disponible en: https://www.cmnutriologos.org/recursos/Codigo_de_etica.pdf
24. Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki de la AMM– principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. 2013
25. Comité académico de la Universidad Iberoamericana Puebla. Normativa institucional. Código de ética para la investigación. 2020.
26. Mazzo R, Barreiro F y Junqueira AC. Accuracy of predictive equations versus indirect calorimetry for the evaluation of energy expenditure in cancer patients with solid tumors - An integrative systematic review study. *Clinical Nutrition ESPEN*. 2019;1-8.
27. Ruíz M, Rodríguez A. Comparación de tasa metabólica en reposo medida por calorimetría indirecta versus ecuaciones predictivas, en mujeres adultas jóvenes y adultas mayores de peso corporal normal. *Rev Chil Nutr*. 2014;41(1):17-22.
28. Real Academia Española: Diccionario de la lengua española. [Internet] 23^a ed. [citado 8 oct 2019]. Disponible en: <https://dle.rae.es>
29. Cid S, Miguel JL, Cortés A, et al. Prueba cardiopulmonar de ejercicio. Recomendaciones y procedimiento. *NCT* 2015;74(3):207-221.