

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

NADA HUMANO ME ES AJENO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

LICENCIATURA EN NUTRICIÓN Y SALUD

**Calorimetría indirecta, correlación y concordancia
de las ecuaciones predictoras del gasto energético
en reposo y sus determinantes en diabetes mellitus tipo 2**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN NUTRICIÓN Y SALUD

P R E S E N T A :

FRIDA YOLOTZIN RODRÍGUEZ ZAVALA

DIRECTORA: **DRA. LILIANA MUÑOZ HERNÁNDEZ**

CODIRECTORA: **DRA. RUBICELI MEDINA AGUILAR**

Ciudad de México, febrero de 2025.

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS ©

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

Dedicatoria

Queridos padres Homero Rodríguez Gallardo y Rita Jannette Zavala Reyes, no tengo las palabras suficientes para hacerles saber lo agradecida que estoy con ustedes por todo lo que han hecho por mí. Su amor ha sido la base de cada uno de los logros que he tenido, han estado a mi lado en cada desafío y han estado celebrando mis más grandes triunfos. Este gran éxito es un reflejo de todo el esfuerzo que día a día hacían por mí. Gracias por la confianza, el apoyo y el amor incondicional que ustedes me han brindado.

Hermana, Yahaira Felicidad Rodríguez Zavala (Yaya), mi gran compañera de aventuras, si supieras lo agradecida y feliz que estoy de ser tú hermana no darías crédito. No hay palabras suficientes para expresar lo agradecida que estoy por tu amor, tu compañía, tus palabras de aliento cuando algo me generaba miedo y sobre todo por tu apoyo que junto con el de mis padres ha sido esencial en todo este proceso. Gracias por estar siempre a mi lado, por ser mi mejor amiga y más grande confidente.

A mis angelitos Mamá grande y Papá grande, ustedes se llevan mi agradecimiento más profundo, amoroso y sincero. Aunque ya no estén aquí y no hayan logrado sostener entre sus manos esta tesis, sé que, siempre estarán acompañándome. Quiero que quienes lean estas palabras sepan que estaré eternamente agradecida con ustedes porque su amor, su sabiduría, sus consejos y la confianza que siempre tuvieron hacia mí, han dejado una huella imborrable. Gracias por haberme permitido pasar con ustedes toda mi trayectoria universitaria, aunque este último paso ya no lo celebramos juntos, sé que desde donde estén siguen apoyándome y están muy orgullosos de mí. Gracias por ayudar a mis padres, a mi hermana y a mí con nuestra formación académica. (Un besito hasta el cielo, papás grandes).

Axel mi compañero infinito de risas y de abrazos mi otro pequeño lugar seguro, sería difícil no agradecerte todo lo bonito que has hecho por mí, por el cariño, las palabras de aliento

y sobre todo la paciencia que me has tenido durante los meses en que estuve desarrollando mi proyecto, no fue fácil y te agradezco infinitamente que siguieras conmigo apoyándome de lejos y de cerca. Gracias por estar siempre conmigo y por nunca dejar de creer en mí. Así mismo a mi cuñado favorito Alan, gracias por tu paciencia infinita, por tus consejos y tus felicitaciones en cada logro que tuve. Tu generosidad, tu apoyo sincero y tu capacidad de hacerme sonreír aun en los días difíciles han significado más de lo que las palabras podrían expresar.

A lo largo de mi trayectoria académica, he contado con el apoyo de muchas personas a quienes quiero expresar mi más sincera gratitud. A mi directora de tesis, la Dra. Linda Liliana Muñoz Hernández, y a mi codirectora la profesora Rubiceli Medina Aguilar, su guía han sido parte fundamental para mi proyecto. Sus recomendaciones, su visión, su experiencia y su confianza hacia mí, han hecho de mi investigación un proyecto determinante para nuevas investigaciones. A mis lectores, Ma. Guadalupe de dios Bravo, Ma Elena Duran Lizárraga y Néstor Alonso Sánchez Ortiz, gracias por su confianza, sus valiosos comentarios y su tiempo dedicado en la revisión de mi tesis. Cada uno de los aportes y dudas que resolvieron fueron fundamentales para hacer de mi proyecto un proyecto de calidad.

Finalmente, quiero agradecerles a mis amigos Aaron, Luisa, Miguel, Ángel, Denisse, Priscila, Rebe, Dani y Ara, con quienes he compartido retos y aventuras llenas de alegrías y lágrimas. En todo este proceso, ustedes han sido un rayito de sol, su amistad, su apoyo incondicional, su confianza y sus palabras en aquellos momentos que no me sentía capaz de lograr aquellas cosas que me proponía, fueron un pilar importante para que yo siguiera adelante, gracias por ser mi círculo más íntimo de amigos y por siempre estar para mí.

Este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo, estoy y estaré profundamente agradecida por todo el amor y apoyo que me han dado a lo largo de este camino. Cada una de

las personas nombradas aquí han contribuido de manera única y especial en este gran éxito, nunca olviden que en mi corazón siempre tendrán un lugar muy especial.

L.N. Frida Yolotzin Rodríguez Zavala

*“Escucho a la gente decir mi nombre, aquí estoy en el salón de fama revelando mi esplendor
y los senderos que he recorrido me convertiré en una gran nutrióloga”*

ÍNDICE

Planteamiento del problema	9
Objetivos	11
Objetivo General	11
Objetivos específicos	11
Pregunta de investigación	12
Hipótesis	12
Justificación	13
Marco teórico	14
Capítulo 1.	14
1.1 Epidemiología de la diabetes mellitus tipo 2 en México	14
1.2 Fisiología y fisiopatología de la Diabetes Mellitus tipo 2	15
1.2.1 Utilización de la glucosa	16
1.2.2 Resistencia a la insulina	17
1.3 Criterios para el diagnóstico de la Diabetes Mellitus tipo 2	19
Capítulo 2. Componentes del Gasto Energético	20
2.1 Gasto Energético Total	20
2.2 Gasto energético basal (GEB)	21
2.3 Gasto energético en reposo (GER)	22
2.4 Actividad física	23
2.5 Efecto termogénico de los alimentos	23
Capítulo 3	25
3.1 Determinantes del gasto energético en Diabetes Mellitus tipo 2	25
3.1.1 Edad	25
3.1.2 Composición corporal	25
3.1.3 Género	26
3.1.4 Clima	26
3.1.5 Hábitos de alimentación	26
3.1.6 Actividad Física	27
3.1.7 Factores Hormonales	27
3.1.8 Enfermedad	28
3.1.9 Otros factores	28
3.1.10 Genes del reloj circadiano	29
3.1.11 Genes del ADN mitocondrial	30
Capítulo 4	31
4.1 Medición del gasto energético en reposo	31
4.2 Calorimetría Indirecta (CI)	32
4.2.1 Bases fisicoquímicas de la calorimetría	34
4.2.2 Cociente respiratorio / tasa de intercambio respiratorio (RQ)	34
4.2.3 Proceso de medición	36

4.3 Ecuaciones predictivas	36
4.3.1 Ecuación predictiva del GER (Harris-Benedict)	37
4.3.2 Ecuación predictiva del GER (Mifflin St. Jeor)	39
Capítulo 5. Correlación y Concordancia	40
5.1 Correlación	40
5.1.1 Correlación de Pearson	40
5.1.2 Correlación de Spearman	40
5.1.3 Coeficiente de correlación	41
5.1.4 Diagrama de dispersión	42
5.2 Concordancia	43
5.2.1 Índice de Kappa de Cohen	43
5.2.2 Coeficiente de correlación intraclase (CCI)	44
5.2.3 Coeficiente de concordancia de Lin	45
5.2.4 Método de Bland-Altman	45
Metodología	46
8.1 Tipo de estudio	46
8.2 Lugar y Tiempo	46
8.3 Tamaño de muestra	46
8.4 Criterios de inclusión, exclusión y eliminación	46
8.4.1 Criterios de inclusión	46
8.4.2 Criterios de exclusión	47
8.4.3 Criterios de eliminación	47
8.5 Materiales	47
8.6 Variables de estudio	47
8.7 Recolección de datos	51
8.8 Análisis Estadístico	53
8.9 Aspectos éticos	55
Resultados	56
9.1 Objetivo específico 2. Identificar y analizar los factores determinantes que influyen en el gasto energético en reposo en individuos con DMT2	59
9.2 Objetivo específico 3. Explicar la correlación y concordancia entre las estimaciones del GER obtenidas mediante ecuaciones predictivas y las mediciones realizadas por calorimetría indirecta.	59
Discusión	63
Conclusión	66
Referencias	68
Anexos	73

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS

Tabla 1. Relación del cociente respiratorio o tasa de intercambio respiratorio	35
Tabla 2. Valores del cociente respiratorio o tasa de intercambio respiratorio	35
Tabla 3. Valores del cociente respiratorio o tasa de intercambio respiratorio en condiciones normales	36
Tabla 4. Ecuación de predicción Harris-Benedict	39
Tabla 5. Ecuación de predicción Mifflin St. Jeor	40
Tabla 6. Interpretación del coeficiente de correlación	42
Tabla 7. Índice de Kappa	44
Tabla 8. Definición de Variables de estudio	48
Tabla 9. Datos demográficos, clínicos, composición corporal y bioquímicos	57
Tabla 10. Calorimetría indirecta y ecuaciones predictivas (Harris-Benedict y Mifflin St. Jeor)	58
Tabla 11. Diferencia de kcal entre calorimetría indirecta (CI) y ecuaciones predictivas (Harris-Benedict y Mifflin St. Jeor)	58
Tabla 12. Determinantes del GER (kcal/día) en DMT2	59
Gráfica 1. Componentes del gasto energético total	21
Gráfica 2. Correlación entre CI y ecuaciones de Mifflin St. Jeor y Harris-Benedict sin DMT2	61
Gráfica 3. Correlación entre CI y ecuaciones de Mifflin St. Jeor y Harris-Benedict en DMT2	61
Gráfica 4. Concordancia entre CI y ecuaciones de Mifflin St. Jeor y Harris-Benedict en DMT2	62

Planteamiento del problema

La Diabetes Mellitus tipo 2 (DMT2) es una enfermedad crónica que surge a partir de dos defectos fisiopatológicos principales, que son la resistencia a la insulina y la pérdida progresiva no autoinmune de la secreción de insulina de las células β . Los defectos en la secreción de insulina involucran factores genéticos, inflamación y estrés metabólico, entre otros, y que afecta principalmente a las personas adultas. (American Diabetes Association, 2023).

La DMT2 es una enfermedad de alta prevalencia en la población adulta de México. Según datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT 2022), aproximadamente 14.6 millones de personas viven con diabetes en México, es decir 18.3 % de la población adulta mexicana (Basto-Abreu et al., 2023).

En la práctica nutricional y clínica, el gasto energético en reposo (GER) es un indicador clave que se mide para determinar las necesidades calóricas diarias de las personas. El gasto energético en reposo se define como la energía que se utiliza para mantener las funciones homeostáticas del cuerpo y es el componente principal del gasto energético total (GET) (Fullmer et al., 2015). El estándar de oro para medir el GER es la calorimetría indirecta (CI), una técnica que consta de la medición del intercambio de gases espirados, específicamente el consumo de oxígeno (VO_2) y la producción de dióxido de carbono (VCO_2), este intercambio se conoce como cociente respiratorio (RQ) o tasa de intercambio respiratorio (REE por sus siglas en inglés) (Tatucu-Babet & Ridley, 2019). Con estos dos parámetros, se calcula el GER mediante la fórmula simplificada de Weir:

$$\text{GER (Kcal)} = 3.90 \times \text{VO}_2(\text{L}) + 1.10 \times \text{VCO}_2(\text{L}) \text{ (Sanz, M. et al, 2013).}$$

A pesar de los beneficios de la calorimetría indirecta (CI), su realización presenta algunas limitaciones, como el alto costo del equipo y los insumos necesarios para hacer las pruebas y su disponibilidad, por lo cual actualmente está restringido a centros de investigación, clínicas y hospitales especializados. Para contrarrestar estas limitaciones, se han desarrollado fórmulas predictivas que estiman el gasto energético en reposo, brindando una alternativa más accesible para evaluar a los pacientes. Las ecuaciones predictivas de Harris-Benedict, Mifflin St. Jeor, OMS, Fórmula/ estimación rápida, Institute of Medicine (IOM) y de Valencia, entre otras, (Parra-Carriedo et al., 2013) se han desarrollado considerando variables como peso, talla, edad y género, con poblaciones específicas y un número limitado de muestra. Es importante destacar, que ninguna de las fórmulas mencionadas, considera la existencia de patologías como la Diabetes Mellitus tipo 2 en los pacientes. Estas fórmulas han sido sujetas de validaciones en algunas poblaciones, encontrándose que tienen poca precisión a nivel individual.

La Diabetes Mellitus tipo 2 es una enfermedad compleja, que puede condicionar cambios en el metabolismo que repercutan en los componentes de la tasa metabólica total de energía, y esto no es contemplado en las ecuaciones predictivas del gasto de energía. Estas potenciales diferencias del metabolismo basal entre personas con y sin diabetes mellitus tipo 2, puede condicionar que se subestime o se sobreestime el requerimiento calórico. Si bien, la calorimetría indirecta se destaca como una herramienta valiosa para evaluar el estado nutricional y el metabolismo basal de los pacientes, su aplicación puede estar limitada por el costo y la disponibilidad, por lo tanto, comparar la concordancia y correlación entre estas ecuaciones predictivas comúnmente utilizadas para la estimación del gasto calórico de sujetos que viven con DMT2, y las mediciones obtenidas mediante calorimetría indirecta en una muestra de personas con DMT2, podría contribuir en la planificación nutricional y mejora de la atención clínica.

Objetivos

Objetivo General

Determinar el rendimiento, en términos de concordancia y correlación, de las ecuaciones de Harris-Benedict y Mifflin-St. Jeor para la estimación del gasto energético en reposo (GER), comparado con las mediciones obtenidas mediante calorimetría indirecta en sujetos que viven con y sin diabetes mellitus tipo 2 (DMT2) que asisten a la unidad de investigación de enfermedades metabólicas del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ). Además, identificar y describir los factores determinantes del GER en sujetos con DMT2.

Objetivos específicos

- 1) Evaluar el gasto energético de reposo en individuos que viven con DTM2 que asisten a la unidad de investigación de enfermedades metabólicas del INCMNSZ, durante el periodo 2021-2023, utilizando calorimetría indirecta y las ecuaciones de Harris-Benedict y Mifflin St. Jeor
- 2) Identificar y analizar los factores determinantes que influyen en el gasto energético en reposo en individuos con DMT2, considerando variables como edad, peso, altura composición corporal y grado de control glucémico
- 3) Explicar la correlación y concordancia entre las estimaciones del GER obtenidas mediante ecuaciones predictivas (Harris-Benedict y Mifflin-St.Jeor) y las mediciones realizadas por calorimetría indirecta, en un grupo comparativo de individuos con y sin DMT2

Pregunta de investigación

¿Cuál es el rendimiento de las ecuaciones de Harris-Benedict y Mifflin-St. Jeor en términos de concordancia y correlación, comparado con el gasto energético en reposo (GER) medido por calorimetría indirecta, en individuos con y sin diabetes mellitus tipo 2 que asisten a la unidad de investigación de enfermedades metabólicas del INCMNSZ?

¿Cuáles son los principales determinantes de la GER en sujetos con DMT2 que asisten a la unidad de investigación de enfermedades metabólicas del INCMNSZ?

Hipótesis

La estimación del gasto energético en reposo (GER) mediante ecuaciones predictivas (como las de Harris-Benedict y Mifflin St.Jeor) presenta una baja concordancia y correlación con las mediciones obtenidas por calorimetría indirecta en individuos con diabetes mellitus tipo 2 (DTM2), sugiriendo un rendimiento subóptimo de estas ecuaciones en esta población.

Justificación

Determinar el gasto energético en reposo (GER) con ecuaciones predictoras es una práctica común para calcular el requerimiento de energía y prescribir un plan nutricional. Este cálculo puede estar sujeto a imprecisiones en personas con enfermedades crónicas como la diabetes mellitus tipo 2, ya que los cambios en el metabolismo que pueden condicionar esta enfermedad, no están considerados en las ecuaciones. Estos cambios pueden estar mediados por los años de evolución de la enfermedad, el grado de control de la enfermedad, su asociación con obesidad, la coexistencia de complicaciones crónicas y uso de algunos tratamientos, entre otros factores.

Por tanto, consideramos relevante analizar la precisión, concordancia y correlación de estas ecuaciones con las mediciones de calorimetría indirecta en personas que viven con diabetes mellitus tipo 2 y en aquellas que sin esta condición. Esto permitirá establecer un tratamiento nutricional individualizado y ayudará a conocer qué factores influyen en el metabolismo basal de las personas que viven con diabetes.

Marco teórico

Capítulo 1.

1.1 Epidemiología de la diabetes mellitus tipo 2 en México

La prevalencia de diabetes va cada vez más en aumento siendo esta una de las principales causas de mortalidad en el mundo. De acuerdo con el artículo sobre la *prevalencia de prediabetes y diabetes en México: Ensanut 2022* se estima que el 10.5% de la población mundial (536 millones de personas) vive con diabetes. Además, se espera que para el año 2045, la prevalencia de diabetes en la población mexicana aumente significativamente un 12.2% (Basto-Abreu et al., 2023).

En el 2022 la prevalencia de diabetes diagnosticada y no diagnosticada en México fue del 12.6% y 5.8%, respectivamente, lo que suma una prevalencia total del 18.3%. Esto equivale a aproximadamente 14.6 millones de personas viviendo con diabetes mellitus tipo 2 (DMT2). Además, se estimó que el 31.7% de los individuos menores de 40 años desconoce su diagnóstico, siendo esta la variable con mayor prevalencia, en contraste con los individuos de alrededor de 60 años. También se observó una mayor prevalencia en aquellos con un nivel socioeconómico bajo (Basto-Abreu et al., 2023).

Los datos de la Encuesta Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México (ENASEM), realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), revelan que la diabetes afecta al 26.6% de la población de 53 años en adelante. Se observaron diferencias significativas entre el 2001 y el 2021. En 2001, el 16.1% de la población tenía un diagnóstico de diabetes (14.1% hombres y 17.8% mujeres), mientras que en 2021 la cifra aumentó al 25.6% (22.5% hombres y 28.1% mujeres). La prevalencia de diabetes por grupo de edad también presentó un incremento notable, especialmente en mujeres (10.9%). Por ejemplo,

entre las mujeres de 50 años, la prevalencia aumentó del 15.1% en 2001 al 26.0% en 2021. En el grupo de mujeres de 60 años, el incremento fue del 10.6%. En comparación, entre los hombres de 50 años, el aumento fue del 9%, mientras que entre los hombres de 60 años fue del 8% (INEGI,2023)

En 2021, las defunciones por diabetes representaron el 13% del total de muertes en México, equivalentes a 140,729 personas, según datos del INEGI. La distribución por género fue similar, con un 51% de hombres y un 49% de mujeres. La tasa de mortalidad por diabetes disminuyó a 11.0 fallecimientos por cada 10,000 habitantes, en comparación con 2020, que registró 11.9 fallecimientos por cada 10,000 habitantes. Las entidades con la mayor tasa de mortalidad por diabetes fueron Puebla (15.7%), Veracruz (15.65%) y Tlaxcala (14.5%), mientras que Baja California Sur (5.1%), Sinaloa (5.8%) y Quintana Roo (5.9%) tuvieron las tasas más bajas (INEGI,2022)

Debido a las transiciones epidemiológicas y los factores de riesgo (sedentarismo, obesidad, sobrepeso, edad, tabaquismo y alcohol) que se presentan en la población mexicana es necesario una valoración periódica ante la prevalencia de prediabetes y diabetes ya que esto favorecerá en el pronóstico del desarrollo de otras patologías o bien complicaciones propias de la diabetes (Basto-Abreu et al., 2023).

1.2 Fisiología y fisiopatología de la Diabetes Mellitus tipo 2

La Diabetes Mellitus tipo 2 es una enfermedad crónica que surge a partir de dos defectos fisiopatológicos principales, que son la resistencia a la insulina y la pérdida progresiva no autoinmune de la secreción de insulina de las células β . La diabetes tipo 2 se encuentra relacionada con defectos en la secreción de insulina, la cual involucra factores genéticos, inflamación y estrés metabólico que afecta principalmente a las personas adultas. (American

Diabetes Association,2023). Suponiendo alrededor del 90% de los casos que han sido diagnosticados de Diabetes. (Mahan & Raymond)

La respuesta inflamatoria y la insuficiencia en las células β se presenta aproximadamente entre 5 y 10 años antes de la elevación de la glucosa plasmática y cuando llega el diagnóstico de DMT2 la persona ya ha perdido alrededor del 50% de la funcionalidad de las células β , mientras que la resistencia a la insulina se presenta de manera primaria en los tejidos de diana (hígado, músculo y tejido adiposo) llevando así a un estado de compensación en la secreción de insulina para mantener las concentraciones de glucosa plasmática en la normalidad, así mismo la resistencia a la insulina hace presencia en el tejido adiposo conduciendo a un estado de lipólisis y aumentando los ácidos grasos libres (Mahan & Raymond,2017)

Por otra parte el hecho de que las personas que viven con DMT2 muestran un exceso de grasa visceral (acumulación de tejido adiposo en órganos de la cavidad abdominal) da lugar a que los ácidos grasos libres tengan un mayor flujo hacia el hígado provocando de esta manera que exista un incremento en la resistencia a la insulina, además de provocar otras alteraciones en el metabolismo como la disminución en la sensibilidad de insulina a nivel celular, alteraciones en la secreción de la hormona a nivel pancreático, y un aumento en la producción de glucosa en hígado, estos defectos en el metabolismo conllevan a la progresión y desarrollo de la DMT2 (Mahan & Raymond, 2017)

1.2.1 Utilización de la glucosa

La glucosa es la principal fuente de energía para el organismo. La dinámica entre la captación y la producción es fundamental ya que estas dos acciones ayudan a mantener las concentraciones normales de glucosa en sangre, ayudando así a satisfacer las demandas energéticas de ciertos órganos y tejidos del cuerpo (Hatting et al., 2018).

El hígado es un órgano crucial en la regulación de la producción de glucosa ya que este produce glucosa en un estado de ayuno y puede almacenarla en un estado postprandial es decir después de haber ingerido alimentos. Esta regulación puede verse modificada en enfermedades como la diabetes contribuyendo así a la aparición de hiperglucemia (Petersen et al., 2017)

La producción hepática de glucosa representa alrededor del 90% de la síntesis de glucosa siendo la suma de la glucólisis, glucogenolisis, síntesis de glucógeno y gluconeogénesis. En condiciones de ayuno, el hígado es quien se encarga de proveer de glucosa al organismo para mantener las condiciones de normalidad y poder ser utilizada por aquellas células que requieren de esta. Cuando existe un periodo postprandial el hígado contribuye a la tolerancia de glucosa, mediante la supresión de glucosa, generando un cambio de producción por uno de captación de glucosa. Esta producción de glucosa se encuentra regulada por diversos mecanismos como el suministro de sustratos (glucosa o glicerol), control alostérico por metabolitos (acetil-coA, glucosa-6-fosfato) o por el equilibrio de hormonas (Insulina, glucagón, corticoides, etc.) (Petersen et al., 2017).

En personas que viven con DMT2, la tasa en producción de glucosa tiende a aumentar en condiciones basales, y la supresión se verá principalmente influenciada por la insulina (Petersen et al., 2017). Esto se debe a que estos pacientes utilizan la gluconeogénesis como la principal fuente para producir glucosa. Por lo tanto, es importante entender que el papel de la insulina como hormona reguladora en este proceso metabólico es fundamental, ya que ayuda a comprender las causas subyacentes y posibles tratamientos para la Diabetes (Hatting et al., 2018)

1.2.2 Resistencia a la insulina

La insulina es la hormona que se sintetiza en las células β del páncreas y la glucosa es su principal regulador en la secreción de esta. La resistencia a la insulina (RI) es una condición

patológica prevalente generalmente asociada a un estilo de vida no saludable, se asocia a DMT2, así como con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares, hígado graso no alcohólico, síndrome de ovario poliquístico (SOP), entre otras enfermedades (Soledispa-Toala & Chele-Villacreses, 2023).

El concepto de resistencia a la insulina se utilizó inicialmente para reflejar la variabilidad de la dosis de insulina que se requiere para reducir los niveles elevados de glucosa en personas que viven con DMT2 y posteriormente fue utilizada para explicar el grado en el cambio de glucosa en sangre (Santos Lozano, 2022).

La RI se encuentra caracterizada por una alteración en la actividad de insulina a nivel celular, lo que impide el transporte de glucosa, afectando diferentes vías metabólicas y tiene un impacto significativo en órganos clave como el hígado, el músculo y tejido adiposo que es donde se almacena principalmente la glucosa. Esta condición es considerada el factor de riesgo principal para el desarrollo de DMT2 (Santos Lozano, 2022). Resulta en un estado de hiperglucemia que finalmente termina en DMT2. Debido a que la insulina tiene un aumento compensatorio por ser utilizada como hormona anabolizante genera aumento en el peso, ya que se promueve la síntesis y el almacenamiento de tejido adiposo, que si continúa a la larga habrá más resistencia y desencadenará un ciclo de retroalimentación donde las células β pancreáticas no logran cumplir con la demanda de insulina (Santos Lozano, 2022).

El aumento compensatorio de la insulina provoca un conjunto de reacciones metabólicas adversas. Por ejemplo, en el hígado los niveles elevados de insulina aumentan la producción de glucosa, lo que agrava la hiperglucemia. En el tejido adiposo y en el músculo, la sensibilidad a la insulina disminuye, reduciendo así su capacidad para absorber la glucosa del plasma.

1.3 Criterios para el diagnóstico de la Diabetes Mellitus tipo 2

Los criterios establecidos por la Asociación Americana de Diabetes (ADA) para el diagnóstico de diabetes incluyen los siguientes: una hemoglobina glucosilada (HbA1c) superior al 6.5%, que refleja el promedio de glucosa en los últimos tres meses; una glucosa en ayuno superior a 130 mg/d; y una glucosa plasmática superior a 200 mg/dL dos horas después de un test de tolerancia con 75 g de glucosa (González, R, et al. 2014).

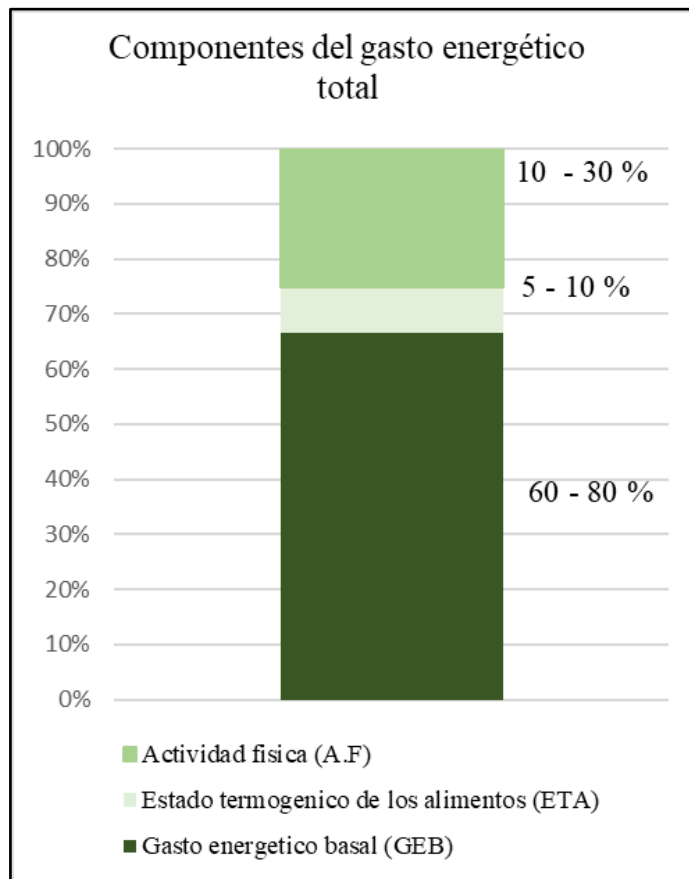
Capítulo 2. Componentes del Gasto Energético

2.1 Gasto Energético Total

El organismo requiere de energía para realizar todas sus funciones. El gasto energético total GET, es la cantidad de energía total utilizada por el cuerpo en un periodo de 24 hrs para mantener las funciones vitales, es el valor base para establecer las necesidades energéticas de individuos y poblaciones (Suverza & Haua., 2011). La Organización Mundial de la Salud (OMS) definió el GET como “el nivel de energía que un individuo necesita para mantener el equilibrio entre el consumo y el gasto, cuando el individuo presenta un peso, composición corporal y actividad física compatibles con un buen estado de salud, debiéndose hacer ajustes para individuos con estados fisiológicos diferentes como la edad, la gestación y la lactancia” (Vargas et al, 2011).

El GET se encuentra fraccionado por tres principales componentes que son el gasto energético basal (GEB) (60-80%), efecto termogénico de los alimentos (ETA) (5 -10%), la actividad física (AF) (10-30%) y en ocasiones por estrés fisiológico. (Gráfica 1).

Gráfica 1. Componentes del gasto energético total



GEB. Gasto energético basal: energía utilizada para realizar las funciones vitales (homeostasis), ETA. Termogénesis inducida por la dieta; energía utilizada durante el metabolismo, A.F. Factor de actividad física: Energía gastada durante actividades diarias. (Moreira Da Rocha et al., 2006).

2.2 Gasto energético basal (GEB)

El gasto energético basal (GEB) o también denominado como tasa metabólica basal (TMB) se encuentra definido como la energía mínima que requiere el cuerpo humano para llevar a cabo las funciones vitales, representando, por lo tanto, la actividad metabólica básica de todos los tejidos del cuerpo en condiciones de homeostasis. Se expresa como la producción de calor o consumo de oxígeno por unidad de tamaño corporal (MET) (Blasco Redondo, 2015). Pero también puede estar definido como un estado posabsortivo, después de un periodo de ayuno de 12 a 18 hrs (Suverza & Haua, 2011).

Un MET se conoce como la energía consumida por un individuo en estado de reposo, lo que equivaldría aproximadamente a 1 kcal por kg de peso corporal y hora. (Blasco Redondo, 2015).

El GEB en individuos que llevan un estilo de vida activo es proporcional al 50% del GET, aunque este porcentaje puede ser variable ya que depende también de la composición corporal, específicamente de la masa libre de grasa (MLG) (Vargas et al, 2011).

La medición del GEB despertó interés en diversos investigadores, llevando los primeros estudios al diagnóstico de patologías como el hipo e hipertiroidismo, y posteriormente la medición del GEB se utilizó para estimar el requerimiento de energía de niños y niñas de entre 7 y 18 años por Bedale alrededor de la segunda década del siglo XX, logrando que su trabajo tuviera un gran impacto y su método se haya retomado en 1985 , por las Organizaciones como la Organización de Agricultura y la Alimentación (FAO), la OMS y la Organización de las Naciones Unidas (ONU). (Vargas et al, 2011).

El GEB se determina mediante mediciones realizadas en individuos que se encuentren en estado de completo descanso antes y durante de la medición. Esto implica que el individuo esté acostado, en un ayuno de 10 - 12 horas, sin algún tipo de infección y controlando la temperatura. (Blasco Redondo, 2015)

2.3 Gasto energético en reposo (GER)

El gasto energético en reposo (GER), conocido de igual manera como tasa metabólica de reposo (TMR) representa la energía mínima gastada por el cuerpo en actividades necesarias para mantener la homeostasis y las funciones normales del cuerpo; es una aproximación del GEB, presentando una diferencia aproximada del 10 al 20%, siendo así que el GER sea mayor (Suverza & Haua, 2011).

La medición del GER se realiza bajo las mismas condiciones del GEB, pero con cambios en el estado de ayuno y la hora del día en la que se realiza, pues el sujeto puede estar o no en ayuno; si es el caso de presentar ayuno este debe ser de 3 a 4 horas y puede realizarse en cualquier momento del día. El GER corresponde del 65 al 75% del GET de una persona en 24 horas, siendo así el mayor representante del gasto energético total (Suverza & Haua, 2011).

2.4 Actividad física

La actividad física (AF) es el segundo contribuyente del GET y representa al componente con mayor variabilidad del GET, debido a que puede ir desde 100 kcal/día hasta 3000 kcal/día, ya que incrementa de acuerdo a la duración, intensidad y constancia de la AF. Para determinar la AF el sujeto debe de estar dentro de alguna de las categorías establecidas, las cuales permiten describir el nivel de actividad física para posteriormente agregarlo al GER (Suverza & Haua, 2011).

La FAO-WHO-UNU consideran dos tipos de actividad física:

1. Actividades obligatorias que se encuentran relacionadas con el trabajo, el estudio y actividades domésticas.
2. Actividades voluntarias tales como actividades regulares que tiene que ver con interacciones sociales y de recreación debido a que mantienen un estado de salud óptimo y proporcionan bienestar mejorando la calidad de vida (Vargas et al, 2011).

2.5 Efecto termogénico de los alimentos

El estado termogénico de los alimentos (ETA) se refiere al aumento del gasto energético producido tras el consumo de alimentos, ya sea por vía enteral o parenteral. Este efecto se incrementa una hora después de las comidas y desaparece aproximadamente cuatro horas después (Suverza & Haua, 2011).

El incremento dependerá de los nutrientes que se consuman, teniendo una variabilidad entre hidratos de carbono (5-10%), proteínas (20-30%) y lípidos (0-5%), pero de manera estandarizada se agrega el 10% sobre el GER (Suverza & Haua, 2011).

En el efecto termogénico de los alimentos (ETA) se distinguen dos componentes principales: la termogénesis obligatoria y la termogénesis facultativa. La termogénesis obligatoria representa la cantidad de energía necesaria para la digestión, absorción y metabolismo de los nutrientes, incluyendo en la síntesis y almacenamiento de proteínas, lípidos e hidratos de carbono. Por otro lado, la termogénesis facultativa representa el gasto energético “en exceso” y está modulada por el sistema nervioso simpático. Este componente se asocia con las fases cefálica y postprandial de la alimentación y tiende a presentar mayor actividad en tejidos como el músculo esquelético debido a la activación del sistema nervioso y de los receptores β -adrenérgicos, los cuales contribuyen al metabolismo basal (Suverza & Haua, 2011; Vargas et al, 2011).

Capítulo 3

3.1 Determinantes del gasto energético en Diabetes Mellitus tipo 2

Existen diferentes factores y características fisiológicas que determinan el gasto energético entre individuos, dentro de los principales determinantes podemos encontrar: el peso corporal, la edad, el género, la composición corporal específicamente la masa grasa y la masa libre de grasa, el origen étnico, factores genéticos, el estilo de vida y los hábitos de alimentación, el clima, estados patológicos como la obesidad y la diabetes, la producción de hormonas, la energía inducida por los alimentos, el consumo de alcohol y nicotina, la actividad física, entre otros (Blasco Redondo, 2015).

3.1.1 Edad

Se considera la edad como uno de los principales factores del GER debido a que está sujeta a cambios. Además, diversos estudios han demostrado que el GER disminuye de manera paralela al envejecimiento (Hagedorn, 2012). Otros estudios mencionan que a partir de los 20 hacia la vejez existe una pérdida progresiva de aproximadamente 1- 2% del GET por cada año (Buch et al., 2021). Esta disminución se encuentra relacionada significativamente con una reducción en la masa libre de grasa (MLG) (Buch et al., 2021).

3.1.2 Composición corporal

La composición corporal y la masa corporal tienen un gran impacto en el gasto energético, es por ende que estos componentes son considerados los principales predictores del gasto energético. Así mismo la masa libre de grasa se encuentra estrechamente relacionada con el GER y según los autores Hagedorn et al., en un estudio que realizaron encontraron que el agua corporal total (TBW por sus siglas en inglés) tenía una relación positiva con el GER, mientras que la MLG y la Masa grasa (MG) no presentaron relación alguna (Hagedorn, 2012).

3.1.3 Género

Las diferencias entre géneros suelen atribuirse al tamaño y composición corporal de los individuos. En las mujeres el gasto energético suele ser aproximadamente de 5-10% menor que en hombres debido a que las mujeres presentan una proporción mayor de tejido graso a diferencia de la masa muscular, siendo así que tanto el gasto energético como la masa muscular sea mayor en hombres (Mahan & Raymond, 2017).

3.1.4 Clima

La temperatura es otro de los factores que pueden influir en el gasto energético de reposo, ya que los cambios extremos de temperatura pueden aumentar el GER, es por esta razón que las personas que viven en climas tropicales tienden a tener un aumento en GER del 5 al 20% a diferencia de individuos que viven en zonas templadas (Mahan & Raymond, 2017).

El GER también puede aumentar un 5% si se realiza actividad física en temperaturas mayores a los 30 °C, debido al aumento de la actividad de las glándulas sudoríparas, mientras que el aumento del GER en zonas frías suele depender por el tejido graso y la ropa (Mahan & Raymond, 2017).

3.1.5 Hábitos de alimentación

Los alimentos son la principal fuente de energía, y según la composición de la dieta que se lleve, puede influir en la producción de energía en el cuerpo, aumentando los valores basales entre el 5 y 10% (Blasco Redondo, 2015). Para que pueda existir un equilibrio en el gasto energético, es necesario que se encuentre en buenas condiciones, tanto de salud como de nutrición. Si es el caso contrario de que exista un desequilibrio entre el consumo de alimentos y el requerimiento energético, ya sea por exceso o déficit, presenta cambios en el GER (Vargas et al, 2011).

3.1.6 Actividad Física

La actividad física (AF) varía entre el 25 y el 75% del gasto energético total y suele verse disminuido de manera significativa en la etapa de la adolescencia y en adultos jóvenes siendo la disminución de hasta 31% en hombres y 83% en mujeres. Es muy variable en el día a día y tiene también una amplia variación interindividual. Puede aumentar hasta el doble del gasto energético de reposo en atletas y personas muy activas físicamente, como aquellas que hacen trabajos extenuantes. Suele medirse como el nivel de actividad física, que es la proporción entre el gasto energético total y el gasto energético en reposo (Vargas et al, 2011).

3.1.7 Factores Hormonales

Las hormonas tienen un papel importante en el gasto GER ya que estas ejercen la gran mayoría de los determinantes en la composición corporal. Algunos estudios demuestran que las hormonas sexuales como los estrógenos y la testosterona tienden a tener una mayor influencia en el GER y en la composición corporal ya que son los principales contribuyentes del tejido graso durante la adolescencia, siendo los estrógenos quienes ejercen la mayor acción en la distribución de grasa corporal, mientras que la testosterona, contribuye al crecimiento, el aumento de la masa muscular (en mayor proporción para los hombres que para las mujeres) y aumento en la densidad de la masa ósea (Vargas et al, 2011).

La hormona tiroidea cumple un papel fundamental en este aspecto debido a que existe evidencia su participación en los mecanismos de regulación del gasto energético total y en el gasto energético de reposo ya que esta puede aumentar o disminuir hasta tres veces el gasto de energía de los valores iniciales. (Gupta et al.,2017)

Hagedorn et al observaron que concentraciones elevadas de tiroxina (T4), se asociaban con un aumento en el GER, aun si esta se encuentra en rangos de normalidad la hormona T4 presentaba un efecto significativo en el GER. (Hagedorn, 2012).

3.1.8 Enfermedad

Diversos estudios han encontrado que el gasto energético en reposo disminuye en condiciones patológicas tempranas entre un 20-30%, pero puede aumentar significativamente, entre un 65 y 75 %, cuando la enfermedad ya está establecida (Gupta et al., 2017)

En el caso de la DMT2 existen diferentes estudios que muestran un aumento del GER en personas que viven con diabetes, ya que hay diversos mecanismos que pueden explicar el aumento del GER y del GER, como la activación de procesos metabólicos que utilizan energía como la gluconeogénesis. Pero la tendencia hacia un GER significativamente elevado puede estar relacionado mayormente a la resistencia a la insulina (Hagedorn, 2012).

3.1.9 Otros factores

El GER se ve influenciado de igual manera por otros factores como el embarazo, la lactancia, hormonas como el glucagón, periodos prolongados de ayuno, el consumo de medicamentos como sedantes o beta bloqueadores, que son factores que disminuyen el GER. Mientras que condiciones de estrés, el ciclo menstrual, el consumo de alcohol, cafeína y nicotina son factores que suelen aumentar el gasto energético entre un 10 y 20%. (Gupta et al., 2017)

Las diferencias que se manifiestan en la composición corporal y por ende en el GER debido al ciclo menstrual en las mujeres es muy común, varios estudios han informado que el ciclo puede aumentar hasta un 10% el GER y en aquellas mujeres que utilizaban anticonceptivos orales lo puede aumentar hasta un 5%. (Wahrlich & Anjos, 2001)

Los cambios producidos en el metabolismo debido a la nicotina aún siguen siendo objeto de estudio, aunque existen algunos otros que han demostrado que sus efectos pueden aumentar el GER del 3 al 4 % en hombres y en mujeres hasta un 9% (Mahan & Raymond, 2017). Hagedorn y colaboradores respaldan este hallazgo debido a que en su investigación realizada en personas con obesidad y fumadoras encontraron que el GER aumentaba hasta 10% aproximadamente. Este descubrimiento lo confirmaron al observar una correlación positiva entre fumar y el GER, incluso después de solicitar a los pacientes abstenerse de fumar durante 2 hrs antes del estudio (Hagedorn, 2012).

La ingesta de cafeína de aproximadamente 200 a 350 mg en hombres o de 240 mg en mujeres puede aumentar el gasto energético de reposo un 7 a 11% y un 8 a 15% respectivamente. Mientras que el consumo de alcohol puede incrementar un 9% en mujeres (Mahan & Raymond, 2017).

3.1.10 Genes del reloj circadiano

El gasto y la ingesta de energía deben equilibrarse para mantener una homeostasis energética adecuada. Esta homeostasis está estrechamente regulada por el sistema nervioso central, con el hipotálamo como centro principal para la regulación del equilibrio energético. El hipotálamo ejerce su efecto a través de mecanismos humorales y neurales, y cada área hipotalámica desempeña un papel distinto en la regulación del gasto energético. Estudios recientes han avanzado en la comprensión de la regulación molecular del gasto energético y la termogénesis en el hipotálamo, mostrando que el hipotálamo afecta el metabolismo basal, modula la actividad física y se adapta a los cambios en la temperatura ambiental y la ingesta de alimentos (Mirzababaei, et al., 2021; Tran et al., 2022).

El ritmo circadiano regula el metabolismo vinculando el núcleo supraquiasmático (SCN) con los centros energéticos del hipotálamo y el tronco del encéfalo. Por el contrario, el metabolismo

también regula el sistema circadiano, ya que las hormonas metabólicas pueden influir y alterar los ritmos circadianos. El reloj circadiano humano coordina la ingesta de energía y el metabolismo en respuesta a factores externos como el atardecer/amanecer, la actividad física y la ingesta dietética. Hallazgos recientes indican que esta regulación es recíproca. A nivel molecular, el reloj circadiano central consta de genes como Clock (ciclos de producción locomotora circadiana kaput), Bmal1 (proteína similar a Arnt cerebral y muscular-1), Per (período) 1, 2, 3, y Cry1, 2 (criptocromo). La expresión de Bmal1, Per2 y Cry1 en la grasa visceral y subcutánea humana puede causar resistencia a la insulina, respuestas inflamatorias, un gasto energético en reposo reducido y un mayor peso corporal. Estudios experimentales han demostrado que el gen Cry1 desempeña un papel crucial en el metabolismo de los lípidos (Mirzababaei, et al., 2021).

3.1.11 Genes del ADN mitocondrial

La gran mayoría de las necesidades energéticas del cuerpo humano se satisfacen mediante la fosforilación oxidativa mitocondrial (OXPHOS). OXPHOS tiene lugar completamente en las mitocondrias y es un sistema altamente eficiente que depende de la expresión e interacción coordinadas de genes codificados en los genomas nuclear y mitocondrial. Los genes del ADNmt son fundamentales para la producción de energía, tanto para generar ATP como para generar calor para mantener la temperatura corporal. Se ha estudiado que la función mitocondrial deteriorada resultante de la variación del ADN mitocondrial (ADNmt) y/o del ADN nuclear puede contribuir a un desequilibrio en la homeostasis de la energía celular, aumentando la vulnerabilidad al estrés oxidativo, la tasa de senescencia y el envejecimiento celular. La identificación de variantes genéticas que influyen en la tasa metabólica y el gasto energético en reposo como las variantes en mt-RNR2 y ND5

puede tener amplias implicaciones para las investigaciones sobre el deterioro funcional y el riesgo de enfermedad (Tranah, et al., 2011).

Capítulo 4

4.1 Medición del gasto energético en reposo

El Gasto energético en reposo se puede medir con diferentes métodos como lo son ecuaciones de predicción que nos brindan una estimación acerca del GER, la cantidad de calor producido (calorimetría directa) o bien a partir de la producción de dióxido de carbono (VCO_2) y el consumo de oxígeno (VO_2) (calorimetría indirecta) (Wahrlich & Anjos, 2001). La cantidad de oxígeno y dióxido de carbono que se utilice durante el proceso de la CI dependerá del sustrato que se está oxidando, dando de esta manera el coeficiente de respiración (QR) el cual varía de entre 0.7 a 1, el valor mínimo (0.7) corresponde a la oxidación de grasa y el valor de 1 corresponde a la oxidación de hidratos de carbono este valor se obtiene mediante la fórmula de Weir simplificada $(1.106 \times VCO_2 + 3.941 \times VO_2) \times 1.44$ (Schadewaldt et al., 2013).

Existen diferentes factores que pueden alterar los resultados del GER, y los cuales se deberán tener en consideración a la hora de las medición debido a que pueden ser posibles causas del aumento o disminución del gasto de energía. La medición del GER por medio de calorimetría indirecta debe realizarse en condiciones estandarizadas donde exista un proceso de descanso previo de aproximadamente 20 a 30 minutos y con algunas condiciones específicas como un ayuno de 4 - 7 horas, mantener un ambiente controlado en temperatura ($22 - 26^\circ C$), estímulos visuales, olfativos y auditivos. Adicionalmente, que no se haya realizado ejercicio físico extenuante (12-48 hrs) o consumido algún tipo de estimulante como el café (4 hrs) o la nicotina (2.5 hrs) antes del estudio (Fullmer et al., 2015).

4.2 Calorimetría Indirecta (CI)

La calorimetría indirecta es un método no invasivo que determina el gasto energético de reposo y el coeficiente de respiración (RQ) mediante el intercambio de gases respiratorios es decir la producción de dióxido de carbono (CO_2) y el consumo de oxígeno (O_2). Brinda la posibilidad de estimar la cantidad de macronutrientes (Proteínas, grasas e hidratos de carbono) oxidados, estimando de una manera más precisa el requerimiento calórico (Schadewaldt et al., 2013).

En 1780 mediante estudios que realizó el químico Antonie Lavoisier junto con el astrónomo Pierre-Simón Laplace crearon el primer calorímetro directo para animales, el cual daría paso para el desarrollo de los principios de la calorimetría indirecta, el cual se mediría a través del consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono ya que Lavoisier descubriría que al combinar el oxígeno con otros combustibles como azúcares, proteínas y lípidos se liberaba calor, agua y dióxido de carbono dando así que la oxidación de sustratos en animales era la fuente principal de calor/energía, después de haber realizado este experimento en animales. (Wahrlich & Anjos, 2001).

Cuando Antonie Lavoisier extendió el experimento de la calorimetría en humanos estudió únicamente el intercambio respiratorio observando que la exposición al frío, la digestión y la actividad física eran factores que influyen en el aumento del consumo de oxígeno y en consecuencia aumentaba la producción de energía. Para el siglo XIX al establecerse las leyes de la termodinámica se lograron establecer varios calorímetros directos y cámaras de respiración que produjeron grandes aportes para medir el metabolismo, como la identificación de sustratos oxidados por el organismo o la cantidad de oxígeno requerida para poder oxidarlos. A finales de este siglo se comenzaron a utilizar las cámaras de respiración en personas que presentaban diabetes, anemia o malaria. (Wahrlich & Anjos, 2001)

En 1907 Benedict, desarrolló un calorímetro respiratorio donde se dedicó a medir y estudiar el cambio respiratorio en personas con DM, pero su interés fue centrado en la medición del gasto energético basal en sujetos sanos continuando así hasta poder construir uno adecuado para uso hospitalario (Wahrlich & Anjos, 2001).

El autor Schadewaldt y sus colaboradores mencionan que la calorimetría indirecta fue utilizada por primera vez en el área clínica para el diagnóstico de disfunción tiroidea y hoy en día es utilizada para la evaluación del gasto energético en las áreas de cuidados intensivos, estudios de la oxidación de macronutrientes, evaluación de la termogénesis y mediciones de del gasto energético durante el ejercicio (Schadewaldt et al., 2013).

La calorimetría indirecta se puede realizar con diferentes herramientas una de estas inicialmente fue la bolsa de Douglas que es una técnica que implica la recolección de aire exhalado mediante una bolsa especial, cámaras de respiración, el sistema de recolección total y la técnica del circuito abierto. Actualmente, esta técnica es la más utilizada, e implica el uso de mascarillas, boquillas o pinzas nasales (Fullmer, et al. 2015). Estos componentes facilitan la recolección de los gases espirados, lo que permite medir con facilidad el volumen o el flujo de gas y analizar las concentraciones de oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂) (Moreira Da Rocha et al., 2006).

En 1980 fue que se comenzó a implementar la calorimetría indirecta para la determinación de los requerimientos calóricos en pacientes críticos con una nutrición enteral y/o parenteral (Wahrlich & Anjos, 2001).

La CI comprende un papel importante en la medición y comprensión de la patogénesis de la diabetes mellitus y la obesidad ya que se han desarrollado conocimientos sobre el gasto energético y sus componentes en personas con obesidad mientras que en personas que viven con DM es útil para comprobar las alteraciones de resistencia a la insulina (Gupta et al., 2017).

4.2.1 Bases fisicoquímicas de la calorimetría

La principal finalidad que tiene el metabolismo de los nutrientes es la producción de energía, la cual se produce mediante la oxidación de proteínas, lípidos e hidratos de carbono. La calorimetría indirecta se basa en los principios de la termodinámica propuestos por el químico Antoine Lavoisier donde relaciona el consumo de oxígeno con la producción de CO₂ y el calor generado, reflejando la oxidación de nutrientes.

Las dos primeras leyes de la termodinámica son fundamentales para entender la calorimetría indirecta y el metabolismo energético de los seres vivos. La primera ley postula que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma o se intercambia entre un cuerpo y su entorno. Por otro lado, la segunda ley de la termodinámica se enfoca en los cambios de la energía total de un sistema y cómo estos cambios resultan en modificaciones de la energía libre y la entropía (desorden) del sistema (Gupta et al., 2017).

En este contexto, podemos explicar que la energía química liberada durante la oxidación de los nutrimentos puede convertirse en dos formas: calor y energía utilizable en forma de adenosín trifosfato (ATP). Este proceso, al igual que otros procesos metabólicos, contribuyen al aumento de la entropía (desorden) en nuestro organismo puesto que tiende a incrementar a medida que los seres vivos realizan sus funciones metabólicas, lo que, a su vez, mantiene un equilibrio fundamental al utilizar y transformar dicha energía.

4.2.2 Cociente respiratorio / tasa de intercambio respiratorio (RQ)

La tasa de intercambio respiratorio (por sus siglas en inglés RQ) es la medición de gases a nivel celular, siendo la relación entre el volumen de dióxido de carbono (CO₂) producido y el volumen de oxígeno (O₂) consumido (Tabla 1). De manera fisiológica el RQ tiende a variar entre 0.67 y 1.3, (Tabla 2) entre la utilización/oxidación de carbohidratos, lípidos y proteínas,

puede variar por diferentes condiciones como la presencia de acidosis metabólica, hiperventilación, ejercicio físico, composición corporal, edad, dieta, etc. (Tatucu-Babet & Ridley, 2019). Es entonces que presentar valores entre 0.67 o inferiores a este corresponde al metabolismo de cuerpos cetónicos que se presentan en condiciones de ayunos prolongados o por una ingesta nutricional inadecuada, el valor máximo de 1.3 es reflejado por lipogénesis derivada de la glucosa, la ingesta excesiva de carbohidratos (Moreira Da Rocha et al., 2006).

Tabla 1. Relación del cociente respiratorio o tasa de intercambio respiratorio

$$RQ = VCO_2 / VO_2$$

Donde: RQ: Cociente respiratorio o tasa de intercambio respiratorio, VCO₂: volumen de dióxido de carbono producido, VO₂: volumen de oxígeno consumido (Mahan & Raymond, 2017)

Tabla 2. Valores del cociente respiratorio o tasa de intercambio respiratorio

Carbohidratos	1
Dieta mixta	0.85
Proteínas	0.82
Lípidos	0.7
Producción de cetonas	≤ 0.67

(Mahan & Raymond, 2017)

En condiciones de normalidad el RQ se encuentra en un rango de 0.8, esto debido a que los gases se comportan como lo presentado en la tabla 3. En condiciones donde se utilicen los hidratos de carbono (estado postprandial o mínimas horas de ayuno) el valor reflejado será igual 1 debido a que es el número de moléculas de dióxido de carbono que se producen y las cuales coinciden con el número de moléculas de oxígeno que consumen (Mahan & Raymond,

2017). Mientras que en la presencia de oxidación de lípidos (horas prolongadas de ayuno) el valor del RQ será de 0.67 a 0.7, debido a que hay un mayor consumo de oxígeno y no se están produciendo moléculas de CO₂.

Tabla 3. Valores del cociente respiratorio o tasa de intercambio respiratorio en condiciones normales

Volumen de dióxido de carbono	VCO ₂ = 200 mL / min
Volumen de oxígeno	VO ₂ = 250 mL / min

Donde: VCO₂: volumen de dióxido de carbono producido, VO₂: volumen de oxígeno consumido, mL: mililitros, min: minutos

4.2.3 Proceso de medición

Para la medición del GER, la calorimetría indirecta debe realizarse con un reposo previo de aproximadamente 20 a 30 minutos, y con algunas condiciones específicas como un ayuno de 4-7 horas, mantener un ambiente controlado en temperatura, estímulos visuales, olfativos y auditivos. Adicionalmente, que no se haya realizado ejercicio físico extenuante (12-48 hrs) o consumido algún tipo de estimulante como el café (4hrs) o la nicotina (2.5hrs) antes del estudio (Fullmer, et al. 2015).

4.3 Ecuaciones predictivas

La estimación del gasto energético en reposo se ha realizado mediante ecuaciones de predicción. Estas ecuaciones, se destacan por la conveniencia que presentan durante la práctica clínica, han sido de utilidad para la comprensión de las necesidades energéticas. Existen numerosas ecuaciones desarrolladas para este propósito, como Harris-Benedict, Mifflin-St. Jeor, FAO/WHO/ONU, Institute of medicine, Valencia, Oxford, entre otras.

Estas ecuaciones fueron diseñadas principalmente para poblaciones sanas, consideran variables como la edad, el género, el peso y la talla factores que influyen de manera significativa en la estimación del GER. El origen de las ecuaciones se remonta a los primeros estudios realizados por Harris-Benedict en 1919. (Wahrlich & Anjos, 2001)

A pesar de su amplio uso, estas ecuaciones no quedan exentas de presentar ciertas limitaciones. Se ha observado que pueden ser inexactas en sujetos que presentan una mayor proporción de tejido adiposo. Diversos estudios han demostrado que en poblaciones que residen en zonas tropicales, las ecuaciones pueden exhibir una sobreestimación en la GER. (Gupta et al., 2017)

En la actualidad, dos de las ecuaciones más empleadas son las de Harris Benedict y Mifflin St. Jeor. Sin embargo, diversos estudios han evidenciado posibles inconsistencias en la precisión de estas ecuaciones. Se ha demostrado que Harris-Benedict tiende a sobreestimar el requerimiento calórico en personas sanas alcanzando hasta un 15% más en comparación con la CI. Además, en investigaciones donde incorporaron a sujetos sanos, con sobrepeso y obesidad, se evidencio una sobreestimación entre el 5 y el 13 %.

Estos hallazgos demuestran la importancia de la evaluación constante de las ecuaciones para garantizar su aplicabilidad precisa en diversas condiciones fisiológicas y geográficas.

4.3.1 Ecuación predictiva del GER (Harris-Benedict)

Harris y Benedict en 1919 realizaron avances significativos al publicar información sobre el gasto energético basal, implementando un análisis estadístico innovador que permitiría el desarrollo de las primeras ecuaciones predictivas en hombres, mujeres y niños, que funcionan como controles en situaciones de dieta y/o enfermedades, siendo estas las primeras ecuaciones publicadas (Wahrlich & Anjos, 2001).

La ecuación se describió en el laboratorio de nutrición en Carnegie Boston donde las mediciones se basaron en 239 personas, 136 fueron hombres de edades entre 16 y 63 años y 103 fueron mujeres de entre 15 y 74 años de edad, de raza blanca y con peso normal (Suverza & Haua., 2011).

Estas ecuaciones fueron desarrolladas a través de los primeros estudios por CI, consideraron como variables independientes, el sexo, la edad, la talla y el peso. Su implementación fue orientada específicamente en poblaciones con normopeso y su utilidad se extendió como un estándar de normalidad, proporcionando un marco de referencia para comparar el GEB en sujetos afectados por estados patológicos, como la diabetes. aunque se ha demostrado que en individuos con obesidad hay una sobreestimación del 7 a 27% (Mahan & Raymond, 2017)

Existe literatura que describe que la ecuación estima generalmente el GEB, pero en realidad estas ecuaciones fueron diseñadas a partir de mediciones en estado de reposo y no en estado basal. Al ser esta una de las ecuaciones más antiguas, es la que más estudios de validación presenta; de los cuales se ha podido observar que la ecuación puede predecir adecuadamente un 45 a 80% del GER y está más sujeta a sobreestimar que subestimar (Suverza & Haua., 2011).

Hoy en día, estas ecuaciones siguen siendo empleadas en la práctica clínica. Su perdurabilidad y uso continuo trazaron su relevancia y eficacia como una herramienta fundamental para la evaluación y comparación del GER en diversas condiciones fisiológicas y patológicas, pero cabe mencionar que es más recomendable utilizarla para estimar el GER en personas adultas sanas (Tabla 4).

Tabla 4. Ecuación de predicción Harris-Benedict

Mujeres	$GER = 655.09 + (9.56 * \text{Peso}) + (1.85 * \text{Talla en cm}) - (4.67 * \text{Edad})$
Hombres	$GER = 66.47 (13.75 * \text{Peso}) + (5 * \text{Talla en cm}) - (6.77 * \text{Edad})$

(Suverza & Hua, 2011).

4.3.2 Ecuación predictiva del GER (Mifflin St. Jeor)

La ecuación de Mifflin. St. Jeor ha sido utilizada con frecuencia para estimar el gasto energético de reposo en adultos. Se desarrolló en 1990, basándose en la edad, el peso, la talla y la edad, utilizando un total de 498 sujetos, de los cuales presentaban edades entre los 19 y los 78 años de ambos sexos, considerando el estado nutricional normal, con sobrepeso u obesidad (Suverza & Haua., 2011).

Los estudios de validación que han surgido a lo largo de los años muestran una predicción de error inferior a $\pm 10\%$ el 70% de los casos de obesidad mientras que en los casos sin obesidad se presentó un 82%, mostrando así que esta ecuación presenta una mejor capacidad predictiva a diferencia de otras como Harris-Benedict, FAO/OMS y Owen para los casos de obesidad, sobrepeso e incluso normopeso (Suverza & Haua, 2011)

La ecuación suele subestimar un promedio de 18% y en cuanto a la sobreestimación el promedio es del 15 %. En sujetos con sobrepeso y obesidad se reporta un promedio de 15%. mientras que en sujetos que presentan normopeso es del 20% (Suverza & Haua, 2011)

Esta ecuación ha sido recomendada por la Asociación Americana de Dietistas debido a su exactitud. (Tabla. 5)

Tabla 5. Ecuación de predicción Mifflin St. Jeor

Mujeres	$GER = (9.99 * \text{Peso}) + (6.25 * \text{Talla en cm}) - (4.92 * \text{Edad}) - 161$
Hombres	$GER = (9.99 * \text{Peso}) + (6.25 * \text{Talla en cm}) - (4.92 * \text{Edad}) + 5$

(Suverza & Hua, 2011).

Capítulo 5. Correlación y Concordancia

5.1 Correlación

La correlación es una prueba estadística que permite analizar la relación entre dos variables y conocer si tienden a cambiar en la misma dirección. Esta prueba también ayuda a conocer la medida de fuerza y dirección ante la asociación entre estas variables ya sean cuantitativas u ordinales (Roy-García et al., 2019).

5.1.1 Correlación de Pearson

La correlación de Pearson es un indicador que se utiliza para explicar de manera cuantitativa la fuerza y dirección de relación que están tomando las dos variables cuantitativas de distribución normal, ayudando también a determinar la tendencia de estas dos variables air juntas (Roy-García et al., 2019).

5.1.2 Correlación de Spearman

La correlación de Spearman es una no paramétrica que se utiliza para variables cuantitativas de datos que son ordinales o de libre distribución que son útiles cuando no se logra conocer con seguridad los parámetros poblacionales o cuando los datos utilizados no muestran una distribución específica.

5.1.3 Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación, es el resultado entre las dos variables utilizadas en esta prueba, brinda una medida numérica que indica el grado de asociación entre las variables. Se representa mediante una “ r ” y toma valores entre -1 y 1, esto quiere decir que si el coeficiente es cercano a 1 esto indicaría una correlación positiva fuerte, lo que tiende a significar que ambas variables aumentarán o disminuirán simultáneamente, es entonces que entre más cercano está a 1 el coeficiente de correlación, mayor será la fuerza de asociación. Por otro lado, si el coeficiente muestra un valor cercano a -1 esto significa que existirá una correlación negativa fuerte, donde alguna de las dos variables aumentará mientras que la otra disminuirá. Esto se conoce también como una correlación perfecta y un coeficiente de correlación cercano a cero indicaría una correlación débil o nula lo que implicaría que no existe asociación entre las variables (Tabla 6) (Roy-García et al., 2019).

Tabla 6. Interpretación del coeficiente de correlación

Sin correlación	0
Correlación baja o débil	0.2
Correlación moderada	0.20 - 0.80
Correlación buena	0.80 - 1
Correlación perfecta	≥ 1

Estos parámetros son generales y muestran una idea de cómo se puede interpretar el coeficiente de correlación. No deben tomarse como puntos de corte específicos, ya que estos pueden ser modificados dependiendo el tamaño de la muestra que se esté utilizando. Fuente (Roy-García et al., 2019).

5.1.4 Diagrama de dispersión

El diagrama de dispersión es una herramienta que ayuda a observar de manera gráfica el comportamiento de dos variables, además permite visualizar la fuerza y dirección de relación de las variables.

5.2 Concordancia

La concordancia expresa el nivel de acuerdo que existe entre una o más variables, es decir, en qué punto hubo una coincidencia o acuerdo entre las variables que tienen diferentes métodos de medición, teniendo como objetivo el determinar si ambos métodos son intercambiables entre sí, de forma que se quedan utilizar de manera indistinta (Lluís Carrasco & Jover, 2004)

Existen diferentes métodos para evaluar la concordancia, los cuales se implementan y clasifican de acuerdo a los datos que se presentan, ya sea que estos son cualitativos o cuantitativos. Además, podemos encontrar dos enfoques para su evaluación: Técnicas agregadas (valoran la falta de concordancia en general sin distinguir algún tipo de error) y desagregadas (evalúan por separado de la falta de concordancia entre distintos componentes, mostrando las posibles fuentes de error) (Lluís Carrasco & Jover, 2004).

Entre los métodos utilizados para la evaluación de la concordancia, hay una variedad de opciones como lo son el índice de Kappa el cual se utiliza para variables categóricas o como el coeficiente de correlación intraclass (CCI), el método de Bland-Altman y el coeficiente de Lin que son utilizados en variables de tipo continuo (Cortés-Reyes et al., 2010).

5.2.1 Índice de Kappa de Cohen

El índice de Kappa fue diseñado para variables categóricas, donde se ajusta el efecto del azar en la proporción de la concordancia observada, siguiendo la siguiente ecuación (Tabla 7).

Tabla 7. Índice de Kappa

$$\text{Kappa} = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

Donde:

P_0 : Proporción de concordancia que se observa.
 P_e : Concordancia esperada por azar, $1 - P_e$: Acuerdo o concordancia máxima posible no dada al azar (Cortés-Reyes et al., 2010)

Siendo así que el índice de Kappa corrige por azar el nivel de acuerdo que se presente entre variables, si el valor es igual a 1, se refiere que la hay una concordancia perfecta, dando por hecho que la proporción al azar será igual a cero; mientras que cuando el valor es 0, podemos decir que hay un total desacuerdo o bien que no existe concordancia entre las variables estudiadas, dando como resultado que la proporción esperada al azar y la proporción observada sea igual (Cortés-Reyes et al., 2010).

5.2.2 Coeficiente de correlación intraclase (CCI)

Es una formulación especial del coeficiente de correlación de Pearson el cual se utiliza para evaluar la concordancia general entre diferentes métodos de medición de una variable numérica, los valores del CCI pueden oscilar entre 0 y 1 (Martínez et al., 2016).

Se considera que valores por debajo de 0.4 indican baja fiabilidad o concordancia baja; cuando nos encontramos entre los valores de 0.4 y 0.75 hay una concordancia regular y buena y cuando nos encontramos en los valores entre 0.75 y 1 tenemos una concordancia perfecta. (Cortés-Reyes et al., 2010)

El CCI ha sido muy usado para medir la concordancia, aunque es considerado un método poco ideal debido a que presenta tres supuestos que son difíciles de seguir: (Cortés-Reyes et al., 2010)

- 1) Los métodos evaluados provienen de una muestra al azar de una población de métodos.
- 2) El error de medición es similar para cada uno de los métodos a evaluar.
- 3) Al igual que el coeficiente de Pearson, este depende de los valores a estudiar.

5.2.3 Coeficiente de concordancia de Lin

Este coeficiente fue definido a través de métodos de medida que adaptan valores entre -1 y 1. Este coeficiente tomará el valor de 1 cuando la concordancia sea perfecta y el valor de 0 en caso de diferencia entre dos variables y/o métodos. Siendo este coeficiente una medida agregada, debido a que evalúa mediante un único método la concordancia (Lluís Carrasco & Jover, 2004).

5.2.4 Método de Bland-Altman

El método de Bland-Altman, es un método gráfico que presenta la diferencia medida entre dos procedimientos (X,Y). Este método es aplicable en situaciones donde se necesita determinar la diferencia entre un nuevo método y uno ya establecido con el fin de validar la fiabilidad y si son lo suficientemente similares como para poder ser intercambiables entre sí. A pesar de ser ampliamente usado, este método presenta algunas limitaciones, ya que no proporciona una medida numérica única para la evaluación del acuerdo entre los métodos utilizados, dejando de este modo la interpretación del grado de concordancia a criterio del evaluador (Martínez et al., 2016).

Metodología

8.1 Tipo de estudio

Es un estudio transversal.

8.2 Lugar y Tiempo

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Unidad de Investigación de Enfermedades Metabólicas. Periodo 2021 - 2023

8.3 Tamaño de muestra

Se estudió un total de 150 sujetos, 99 con DMT2 y 51 con DMT2 que acudieron en una sola ocasión a la Unidad de Enfermedades Metabólicas del INCMNSZ, con un ayuno de 4 horas.

8.4 Criterios de inclusión, exclusión y eliminación

8.4.1 Criterios de inclusión

Casos

- Sujetos que viven con DMT2
- Hombres y Mujeres
- Edad entre 30 a 65 años
- Hemoglobina glucosilada HbA1c > 6.5 %
- IMC \geq 20 kg/m² a 45 kg/m²

Controles

- Sujetos sin DMT2

- Edad 30 a 65 años sin diabetes
- Hemoglobina glucosilada HbA1c < 6.5 %
- IMC entre 20 kg/m² y 45 kg/m²

8.4.2 Criterios de exclusión

Casos y controles

- Hombres y mujeres
- Edad > 65 años
- Otro tipo de diabetes (DT1, LADA, MODY)
- Ayuno de más de 10 hrs

8.4.3 Criterios de eliminación

- Incapacidad para realizar alguno de los procedimientos
- Que no se cuente con medidas antropométricas
- Que no se cuente con algún dato necesario para la prueba

8.5 Materiales

- Consentimiento informado
- Interrogatorios de actividad física (IPAQ-9 y consumo de alimentos (R24)
- Báscula de bioimpedancia (SECA mBCA-514).
- Analizador de Gases (SCHILLER)

8.6 Variables de estudio

Variable dependiente: Gasto energético en reposo por Calorimetría indirecta, REE kcal/día,

VARIABLES INDEPENDIENTES: Edad, peso, talla, género, IMC, composición corporal, valores bioquímicos, nivel actividad física, ayuno (covariables). Ecuación Harris-Benedict y Ecuación Mifflin St.Jeor

Tabla 8. Definición de Variables de estudio

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Gasto energético	Relación entre la energía consumida y la energía utilizada por el cuerpo para mantener las funciones vitales del cuerpo en un estado de equilibrio (Vargas et al, 2011)	Kilocalorías (Kcal) Kilojoules (Kjoules)
Calorimetría Indirecta	Método de medición no invasivo que mide el gasto energético de reposo a partir del intercambio de gases, es decir, la producción de dióxido de carbono (VCO ₂) y el consumo de oxígeno (O ₂) (Schadewaldt et al., 2013)	Kilocalorías (Kcal) Kilojoules (Kjoules)
Coefficiente de respiración/Tasa de intercambio respiratorio	Medición del intercambio de gases a nivel celular (dióxido de carbono y oxígeno)	Producción de dióxido de carbono / Consumo de oxígeno (VCO ₂ /VO ₂)
Ecuación Harris-Benedict	Ecuación desarrollada para obtener el gasto energético, abarcar de un grupo de personas de raza blanca y con peso corporal normal (Suverza & Haua., 2011).	Kilocalorías (Kcal)
Ecuación Mifflin St. Jeor	Ecuación diseñada para estimar y gasto energético, esta ecuación fue desarrollada a partir de un total de 480 sujetos con pesos corporales distintos (peso normal, sobrepeso y obesidad) (Suverza & Haua., 2011).	Kilocalorías (Kcal)
Edad	Tiempo que ha vivido una persona	Años

Género	Características genéticas, morfológicas y funcionales que diferencian a hombres de mujeres.	Femenino / Mujer Masculino / Hombre
Peso corporal	Es un parámetro que refleja la adecuación en la ingesta de energía, proporcionando una estimación de las reservas corporales totales de grasa y músculo (Mahan & Raymond, 2017).	Kilogramos (kg)
Talla	Distancia perpendicular que existe entre los planos transversales del Vértex (punto más alto del cráneo) y el inferior de los pies.	Centímetros (cm) Metros (m)
Índice de masa corporal (IMC)	El índice de masa corporal es un procedimiento de evaluación que clasifica el estado nutricional mediante el peso corporal y la talla	Kilogramo/Metro ² (kg/m ²)
Circunferencia de Cintura	Perímetro del abdomen en el punto más estrecho de entre la cresta ilíaca y la última costilla. Es un parámetro que se utiliza para medir la grasa abdominal.	Centímetros (cm)
Masa libre de grasa	Representa el peso del organismo, incluye huesos, músculo esquelético, viseras y agua intra y extracelular (Suverza & Haua., 2011)	Porcentaje (%)
Masa grasa	Expresa la reserva energética del organismo. compuesta únicamente por grasa (Suverza & Haua., 2011)	Porcentaje (%)
Grasa visceral	Tejido adiposo que se encuentra principalmente en la región abdominal y cubre únicamente a los órganos.	Litros (L)
Glucosa plasmática en ayunas	Análisis de sangre que mide la cantidad de glucosa en la sangre después de un periodo de ayuno	Miligramos/decilitro (mg/dl)
Hemoglobina glucosilada (HbA1c)	Tipo de hemoglobina que se encuentra unida a la glucosa, es derivada de la hemoglobina A1 y su mecanismo de síntesis está	Porcentaje (%)

	<p>relacionado con el metabolismo del eritrocito. La fracción de HbA1c es de alrededor del 5%, lo que es proporcional a la concentración de glucosa en sangre y dado que la vida media de un eritrocito es de 60 días aproximadamente, la concentración de HbA1c refleja la concentración media de glucosa en sangre durante 6 a 8 semanas, de modo que su medición proporciona información fundamental para el diagnóstico, manejo y control de la diabetes (DM) (Orellana, 2014).</p>	
Ayuno	<p>Es la restricción de la ingesta de alimentos sólidos, que puede verse practicado por motivos tradicionales, culturales y religiosos. En la actualidad se utiliza como un método de autocuidado para prevención y promoción de la salud (Saz-Peiró & Saz-Tejero, 2015)</p>	Horas

8.7 Recolección de datos

Un día antes del estudio los participantes debían mantener su dieta habitual y abstenerse de realizar ejercicio físico extenuante, así como no consumir cafeína y nicotina 6 horas previas al estudio. Su estancia duró aproximadamente dos horas en las cuales se firmó el consentimiento informado, se realizaron interrogatorios de actividad física (IPAQ-9), consumo de alimentos (R24), estudio de composición corporal con bioimpedancia (SECA mBCA-514), glucosa capilar, presión arterial, y después de reposar 30 minutos, se sometieron a una calorimetría indirecta durante 25 minutos.

Para llevar a cabo el procedimiento de calorimetría indirecta y medir GEB, el participante debía presentar un ayuno de 4 horas y máximo de 10 horas, ropa cómoda y haber descansado en posición supina durante 30 min antes de iniciar el estudio estando libre de estímulos visuales, olfativos y auditivos. Posterior a este periodo se inició la medición de gases espirados con un analizador de gases (SCHILLER) que mide el consumo de oxígeno (VO_2) y producción de dióxido de carbono (VCO_2), siendo calibrado una vez al día antes de las pruebas. La medición de los gases se realizó durante un periodo de 25 min cada 10 segundos, durante el cual los participantes estuvieron despiertos, sin realizar ningún movimiento que involucró esfuerzo y permaneciendo lo más relajados posibles. Para garantizar la medición de los gases se descartaron los primeros 10 minutos del estudio. Con los promedios obtenidos de estas dos mediciones se calculó el requerimiento energético en reposo (REE) el cual se reportó en kcal/día y KJoules/día, mediante la fórmula de Weir: $(1.106 \times VCO_2 + 3.941 \times VO_2) \times 1.44$, también se reportó la tasa de oxidación de hidratos de carbohidratos (HCO-ox), proteínas (PROT-ox) y lípidos (LIP-ox).

La estimación del GER por ecuaciones predictivas se llevó a cabo mediante las ecuaciones de Harris-Benedict y Mifflin St. Jeor, debido a que estas son comúnmente utilizadas tanto en poblaciones sanas como en poblaciones que viven con sobrepeso y obesidad.

8.8 Análisis Estadístico

Se colectó la información en una base de datos general en EXCEL. Para el análisis estadístico se exportó al programa STATA 13 donde se llevaron a cabo todos los análisis, excepto el de Bland Altman, donde se usó el programa Jamovi.

Estadística descriptiva. Para variables continuas se aplicaron pruebas de sesgo y normalidad. Se describieron la totalidad de variables como no paramétricas, con mediana y percentiles 25-75). Las variables categóricas se describieron como frecuencia y porcentaje.

Análisis Bivariado. Para variables dimensionales se usó la prueba de rangos sumados de Wilcoxon (U de Mann-Whitney) para buscar diferencias entre los grupos de diabetes y no diabetes. Para variables no dimensionales se usó la X cuadrada de Pearson. Se tomó como significativo un valor de $p < 0.05$

Se llevó a cabo un análisis multivariado de regresión lineal para buscar los determinantes de GER. En el modelo, la variable dependiente fue el GER medido por calorimetría indirecta y las independientes aquellas que tuvieran un valor de $p < 0.05$ en el análisis bivariado y que tuvieran sentido biológico con el GER. Se fueron descartando las variables del modelo cuando no tenían significancia estadística o no modificaban la R cuadrada del modelo. Se seleccionó el modelo con la mayor R cuadrada, donde todas las variables independientes tuvieran un valor de p en el modelo menor de 0.05 y con una p del modelo < 0.05 .

El análisis de correlación entre el GER y las ecuaciones se llevó a cabo con la correlación de Spearman y se hicieron gráficos de dispersión para observar la relación entre el GER y cada ecuación. Se tomó como una correlación significativa, aquellas con $p < 0.05$

La concordancia para las ecuaciones con el GER en el grupo de sujetos con DMT2, se hizo con el abordaje de Bland-Altman, para observar la conducta de intercambiabilidad entre las variables dependientes (calorimetría indirecta y las ecuaciones predictivas).

8.9 Aspectos éticos

- Los riesgos mínimos que se pudieron presentar en el estudio son relacionados a el uso de mascarilla herméticas (sensación de falta de aire), medición de glucosa capilar con punción en el dedo y presentar un ayuno de mínimo de 4 horas.
- Los principales beneficios del estudio son la generación de nuevos conocimientos ante las ecuaciones predictivas del gasto energético en reposo para personas que viven con diabetes mellitus tipo 2 en México y que eventualmente puedan ayudar a implementar tratamientos nutricionales más específicos y el desarrollo de nuevas fórmulas para esta población en específico.
- El consentimiento informado por escrito y los propósitos del estudio en general fueron presentados a los sujetos de estudio el día que asistieron al estudio y se aclaró cualquier duda que expresaran al respecto. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes. El protocolo de estudio está aprobado por el comité de ética del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ).

Resultados

Se incluyeron en el estudio 150 sujetos, 51 con DM 2 y 99 sin DM. La mediana de edad para los sujetos sin diabetes fue 44 (37-52) años, mientras que para sujetos con diabetes fue 51 (49-59) años, $p < 0.01$

Los datos demográficos, clínicos, de composición corporal y bioquímicos de los sujetos de estudio, se presentan en la tabla 9.

El gasto energético en reposo por CI fue de 1561 kcal (1364 -1818) del grupo sin diabetes y de 1855 kcal (1525 kcal -2123 kcal) en el grupo con diabetes. El GER estimado por Mifflin St. Jeor fue de 1387 kcal (1247 kcal - 1590 kcal) para el grupo sin diabetes y de 1400 kcal (1252 kcal - 1651 kcal) para el grupo con diabetes ($p =NS$). El gasto energético en reposo estimado por Harris-Benedict fue de 1475 kcal (1392 kcal - 1713 kcal), para el grupo con diabetes y 1468 kcal (1363 kcal - 1653 kcal) para el grupo sin diabetes ($p= NS$). (tabla 10).

La diferencia en Kcalorias entre las ecuaciones y el GER medida por CI se muestra en la tabla 11.

Tabla 9. Datos demográficos, clínicos, composición corporal y bioquímicos

VARIABLES	DMT2	SIN DMT2	P
Edad (años)	54.0 [49.0-59.0]	44.0 [37.0-52.0]	< 0.001
Sexo (% mujeres)	66.0	76.0	0.18
IMC (kg/m ²)	30.7 [26.7-32.6]	29.0 [26.8-31.4]	0.10
C. cintura (cm)	100.0 [93.7-111.0]	91.0 [86.0-96.5]	< 0.001
Talla (cm)	159.7 [153.1-166.9]	159.7 [155.0-167.0]	0.99
ICA (cm)	0.61 [0.56-0.70]	0.57 [0.53-0.59]	< 0.001
TA sistólica (mmHg)	117.0 [111.0-124.0]	113.0 [105.5-123.0]	0.36
TA diastólica (mmHg)	74.0 [71.0-79.0]	74.5 [68.5-80.0]	0.89
VAT (l)	3.4 [2.6-4.4]	2.5 [2.1-3.1]	< 0.001
Masa libre de grasa (%)	58.6 [52.7-66.0]	59.5 [56.1-64.6]	0.38
Masa grasa (%)	41.1 [33.9-47.3]	40.5 [35.4-43.9]	0.51
Músculo esquelético (kg)	29.1 [17.2-23.9]	19.7 [16.9-23.1]	0.38
Glucosa (mg/dl)	103.0 [88.0-124.0]	86.0 [80.0-89.0]	< 0.001
HbA1c (%)	7.1 [6.4-7.9]	5.5 [5.2-5.7]	< 0.001
Colesterol total (mg/dl)	165.0 [121.0-196.0]	201.0 [168.0-225.0]	0.003
Colesterol HDL (mg/dl)	40.0 [33.0-49.0]	46.0 [40.0-54.0]	0.002
Triglicéridos (mg/dl)	154.0 [114.0-253.0]	123.0 [82.0-177.0]	0.006
PCR	0.16 [0.10-0.39]	0.23 [0.12-0.45]	0.41
Ácido úrico	5.0 [4.0-5.8]	5.1 [4.1-6.0]	0.59
Apolipoproteína B	87.0 [64.5-107.2]	107.2 [91.2-127.6]	0.001

Valores expresados como medianas (rango intercuartil)

IMC: índice de masa corporal, C.cintura: circunferencia de cintura, ICA: índice cintura altura, VAT: grasa visceral,

HbA1c: hemoglobina glucosilada

Tabla 10. Calorimetría indirecta y ecuaciones predictivas (Harris-Benedict y Mifflin St. Jeor)

VARIABLES	DMT2	SIN DMT2	P
GER (kcal/d)	1855.6 [1525.3-2123.5]	1561.7 [1364.3-1818.8]	< 0.001
Frecuencia cardiaca	66.5 [62.2-73.1]	60.8 [56.1-68.3]	0.002
RQ	0.80 [0.77-0.83]	0.81 [0.78-0.83]	0.34
Ox-Gluco (kcal/d)	523.4 [421.2-735.9]	579.2 [409.3-707.4]	0.99
Ox-Lip (kcal/d)	1117.6 [928.6-1438.5]	1033.3 [788.5-1213.6]	0.009
Estimación por ecuaciones			
Ecuación Harris-Benedict (kcal/d)	1475.1 [1392.3-1713.5]	1468.0 [1363.0-1653.0]	0.69
Ecuación Mifflin St. Jeor (kcal/d)	1400.9 [1252.8-1651.3]	1387.8 [1247.5-1590.6]	0.56

Valores expresados como medianas (rango intercuartil)

RQ: cociente respiratorio o tasa de intercambio respiratorio, Ox-Gluco: oxidación de glucosa, Ox-Lip: oxidación de lípidos

Tabla 11. Diferencia de kcal entre calorimetría indirecta (CI) y ecuaciones predictivas (Harris-Benedict y Mifflin St. Jeor)

VARIABLES	DMT2	SIN DMT2	P
Calorimetría Indirecta - Harris-Benedict	330.5 [-22.6-638.0]	100.4 [-71.6-296.4]	< 0.001
Calorimetría Indirecta - Mifflin St. Jeor	412.8 [95.0-731.1]	202.6 [25.2-391.4]	< 0.001

9.1 Objetivo específico 2. Identificar y analizar los factores determinantes que influyen en el gasto energético en reposo en individuos con DMT2

Se realizó un análisis de regresión lineal para, identificar los determinantes del GER, por calorimetría indirecta. Se incluyeron al modelo las variables con *p* menor a 0.05 en el análisis bivariado. Entre ellas, edad, peso, porcentaje de masa grasa, masa libre de grasa, grasa visceral, glucosa, hemoglobina glucosilada, triglicéridos, colesterol total y colesterol HDL. Se fueron descartando de acuerdo al porcentaje de R cuadrada que aportaron al modelo y a su nivel de significancia estadística. Las variables que quedaron en el modelo final fueron la glucosa plasmática que por cada mg/dL aportó 8.23 kcal y la grasa visceral, que por cada unidad aporta 99.64 kcal. (R² de 0.41 *p*< 0.001) (Tabla 12)

Tabla 12. Determinantes del GER (kcal/día) en DMT2

REE (kcal/d)	Coef.	<i>P</i>><i>t</i>
Glucosa	8.23	< 0.001
VAT(l)	99.64	0.002

Análisis de regresión lineal ajustado por glucosa y grasa visceral (l) para el grupo de sujetos con DMT2

9.2 Objetivo específico 3. Explicar la correlación y concordancia entre las estimaciones del GER obtenidas mediante ecuaciones predictivas y las mediciones realizadas por calorimetría indirecta.

Al evaluarse las mediciones obtenidas por calorimetría indirecta y las mediciones calculadas por las ecuaciones de Mifflin St. Jeor y Harris-Benedict en los grupos de individuos con y sin DMT2, se observaron diferencias en las correlaciones.

En el grupo de individuos con DMT2, se encontró que la ecuación de Mifflin St. Jeor tuvo una correlación moderada de acuerdo con el coeficiente de Spearman de 0.50 ($p < 0.001$) aunque esta no sea una correlación fuerte si es estadísticamente significativa. Por otro lado, la ecuación de Harris-Benedict en el mismo grupo presentó una correlación ligeramente inferior, con un coeficiente de Spearman de 0.49 ($p < 0.001$)

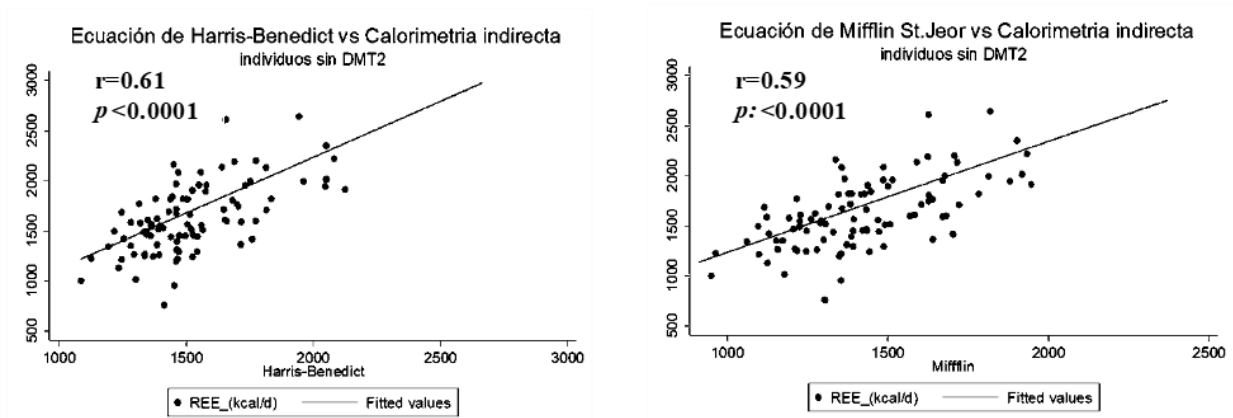
En contraste, para los individuos que no presentaban DMT2 se observaron correlaciones más altas para ambas ecuaciones. La ecuación de Mifflin St. Jeor presentó un coeficiente de Spearman de 0.61 ($p < 0.001$), indicando que existe una asociación más fuerte y estadísticamente significativa entre las mediciones calculadas por ecuaciones y las obtenidas por calorimetría indirecta. Respecto a la ecuación de Harris-Benedict se observó una correlación de 0.59 ($p < 0.001$).

Al analizar los datos de manera gráfica mediante un diagrama de dispersión, se puede observar una relación positiva entre las mediciones por calorimetría indirecta y las mediciones por las ecuaciones de Mifflin St. Jeor y Harris-Benedict. Al examinar los datos por grupo de individuos con y sin DMT2, se identificaron diferencias en la fuerza de correlación.

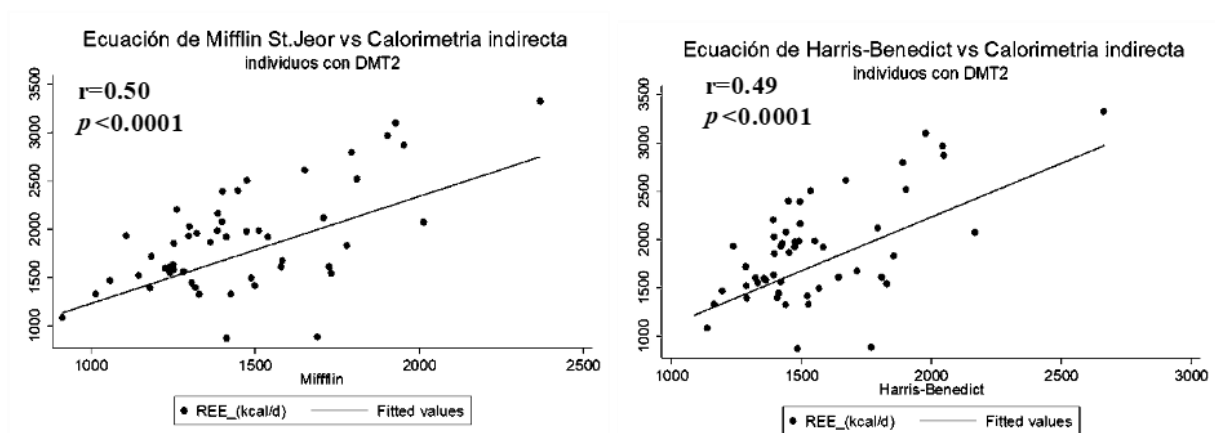
Para los individuos sin DMT2 (Gráfica 2) se puede ver una correlación entre las variables ligeramente más fuerte en comparación con el grupo de individuos que presentan DMT2 (Gráfica 3). Lo que sugiere una mejor alineación entre las mediciones por ecuaciones y las mediciones por calorimetría indirecta en individuos sin DMT2.

Es entonces que, la correlación moderada en el grupo de individuos con DMT2 muestra que las ecuaciones proporcionan una estimación razonable del GER, pero pueden no ser totalmente precisas para este grupo de individuos. La correlación ligeramente más fuerte que se presentó en el grupo de individuos sin DMT2 indica que las ecuaciones son más confiables en individuos sin el diagnóstico de DMT2.

Gráfica 2. Correlación entre CI y ecuaciones de Mifflin St. Jeor y Harris-Benedict sin DMT2



Gráfica 3. Correlación entre CI y ecuaciones de Mifflin St. Jeor y Harris-Benedict en DMT2



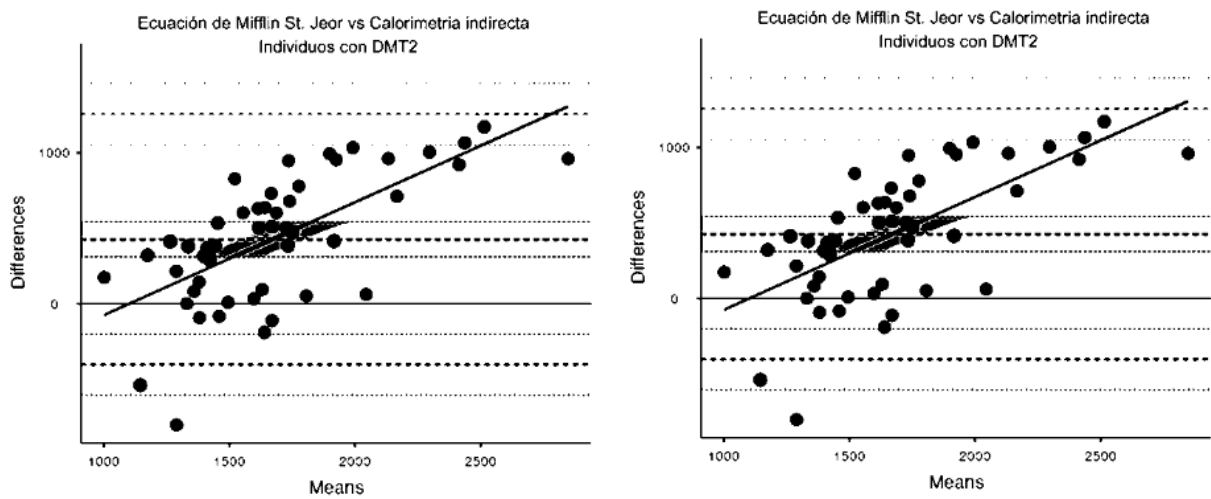
Los gráficos de Bland-Altman, empleados para evaluar la concordancia del GER entre las mediciones obtenidas por calorimetría indirecta y las calculadas por las ecuaciones predictoras en individuos que viven con DMT2, mostraron concordancias deficientes para ambas ecuaciones.

En sujetos con DMT2, se encontró que la concordancia entre la calorimetría indirecta y la ecuación de Mifflin St. Jeor fue de 0.345. Con respecto, a la concordancia observada para

la ecuación de Harris-Benedict en el mismo grupo de individuos esta fue ligeramente mayor, alcanzando 0.399 (Gráfica 4).

Estos resultados sugieren que ambos métodos no concuerdan completamente entre sí. Es decir, que al utilizar cualquiera de estos dos métodos, se obtendrán valores totalmente diferentes.

Gráfica 4. Concordancia entre CI y ecuaciones de Mifflin St. Jeor y Harris-Benedict en DMT2



Discusión

Los hallazgos de este estudio complementan la información existente sobre la calorimetría indirecta y la eficacia de las ecuaciones predictivas comúnmente utilizadas en la práctica clínica para estimar el gasto energético en reposo (GER) en personas con diabetes mellitus tipo 2 (DMT2).

El primer objetivo del estudio fue evaluar el GER en individuos con DMT2 utilizando calorimetría indirecta y las ecuaciones de Harris-Benedict y Mifflin St. Jeor. Los resultados mostraron una diferencia estadísticamente significativa en el GER medido por calorimetría indirecta entre individuos con DMT2 (mediana: 1855 kcal, rango intercuartil: 1525-2123 kcal) y aquellos sin DMT2 (mediana: 1561 kcal, rango intercuartil: 1364-1818 kcal) ($p < 0.001$). En contraste, las ecuaciones de Harris-Benedict calcularon un GER de 1475 kcal (1392-1713 kcal) para individuos con DMT2 y de 1468 kcal (1363-1653 kcal) para aquellos sin DMT2 ($p = \text{NS}$), mientras que las ecuaciones de Mifflin St. Jeor estimaron un GER de 1400 kcal (1252-1651 kcal) frente a 1387 kcal (1247-1590 kcal) respectivamente ($p = \text{NS}$). Estas ecuaciones subestimaron el GER en hasta 400 kcal en personas con DMT2, lo que resalta la necesidad de ajustes en su aplicación clínica.

La calorimetría indirecta y las ecuaciones predictivas son herramientas ampliamente utilizadas para estimar el GER en investigación y en la práctica clínica. Sin embargo, cada método presenta fortalezas y limitaciones. La calorimetría indirecta ofrece mediciones precisas, pero implica altos costos, equipos especializados y personal capacitado, mientras que las ecuaciones predictivas, aunque prácticas y accesibles, tienden a subestimar o sobreestimar el GER debido a su diseño basado en poblaciones generales sin alteraciones metabólicas significativas, como la DMT2. Esto refuerza la importancia de adaptar las ecuaciones a las características específicas de esta población.

El segundo objetivo fue identificar los factores determinantes que influyen en el GER en individuos con DMT2. Se encontró que la grasa visceral contribuye con 120.66 kcal, el porcentaje de masa libre de grasa con 21.38 kcal, y la glucosa con 5.81 kcal adicionales al GER medido por calorimetría indirecta. Estos hallazgos coinciden parcialmente con los de Buch et al. (2021), quienes señalaron que la masa libre de grasa es un determinante clave del GER en individuos con y sin DMT2. Sin embargo, mientras que este estudio no encontró un efecto significativo de los niveles de glucosa sobre el GER, nuestros resultados sugieren que niveles elevados de glucosa podrían influir en el aumento del GER en personas con DMT2.

El tercer objetivo fue analizar la correlación y concordancia entre las estimaciones del GER obtenidas mediante las ecuaciones predictivas y las mediciones por calorimetría indirecta. Los coeficientes de Spearman mostraron correlaciones moderadas en individuos con DMT2 (0.50 para Mifflin St. Jeor y 0.49 para Harris-Benedict; $p < 0.001$). En individuos sin DMT2, las correlaciones fueron más altas: 0.61 para Mifflin St. Jeor y 0.59 para Harris-Benedict ($p < 0.001$). Aunque las ecuaciones mostraron una relación positiva con la calorimetría indirecta, son menos fiables en personas con DMT2 debido a factores fisiológicos específicos de esta condición. Esto sugiere la necesidad de ajustes personalizados en las ecuaciones para esta población.

En términos de concordancia, los análisis de Bland-Altman revelaron discrepancias significativas entre las estimaciones obtenidas mediante ecuaciones y calorimetría indirecta en individuos con DMT2. Los valores para Mifflin St. Jeor (0.345) y Harris-Benedict (0.399) indican que estos métodos no son intercambiables, lo que refuerza la necesidad de enfoques más precisos en esta población.

Estudios previos respaldan estos hallazgos. Por ejemplo, Schoenardie Poli et al. (2016) encontraron que las ecuaciones de Harris-Benedict y FAO/OMS eran más precisas en mujeres

brasileñas con obesidad, mientras que Grassi et al. (2020) observaron que la ecuación de Bernstein tenía menor variabilidad en individuos con DMT2. Sin embargo, ambos estudios concluyen que las ecuaciones predictivas tienden a subestimar el GER en ciertas poblaciones.

En nuestro estudio, las ecuaciones de Harris-Benedict y Mifflin St. Jeor subestimaron sistemáticamente el GER en personas con DMT2. Esto destaca la importancia de incorporar variables como grasa visceral, glucosa y masa libre de grasa en las ecuaciones para mejorar su precisión en la población mexicana. Sin embargo, investigaciones previas, como las de Schoenardie Poli et al. (2016) y Grassi et al. (2020), sugieren que estas adiciones no siempre mejoran la precisión de las ecuaciones. Es necesario realizar estudios con muestras más grandes y diseños robustos para validar la incorporación de estas variables en ecuaciones predictivas ajustadas a alteraciones metabólicas como la DMT2.

Finalmente, las limitaciones del estudio incluyeron la necesidad de garantizar el cumplimiento de condiciones específicas, como el ayuno, el uso de mascarillas herméticas y la permanencia en reposo durante el procedimiento. A pesar de estos desafíos, los resultados subrayan la necesidad de avanzar en métodos más personalizados para la estimación del GER en personas con DMT2.

Conclusión

Los resultados obtenidos en este estudio, se destaca que las ecuaciones predictivas de Harris-Benedict y Mifflin St. Jeor presentan una tendencia a subestimar el gasto energético en reposo en individuos con diabetes mellitus tipo 2, llegando a subestimar hasta por 400 kcal. Es evidente que la grasa visceral, la masa libre de grasa y los niveles de glucosa en sangre tienen un papel importante como determinantes principales del GER en la población mexicana diagnosticada con DMT2.

La correlación de Spearman analizada en el estudio muestra una relación positiva entre las estimaciones del GER calculadas mediante las ecuaciones predictivas y las obtenidas por calorimetría indirecta. Sin embargo, en esta relación se pudo observar como son más eficaces en los individuos que no presentan DMT2 en comparación con aquellos individuos que presentan el diagnóstico, lo que sugeriría que las ecuaciones podrían no ser tan adecuadas para estimar el GER en personas con DMT2.

Estos datos muestran la necesidad de formular ecuaciones específicas para la población que vive con diabetes mellitus tipo 2, en las cuales se incorporen las medidas de glucosa, masa libre de grasa y grasa visceral para poder calcular de manera más precisa el GER en individuos mexicanos con DMT2.

La calorimetría indirecta como las ecuaciones predictivas del GER son herramientas importantes en la evaluación del GER. Sin embargo, se necesitan realizar más estudios para abordar de manera más precisa el requerimiento calórico, la calorimetría indirecta favorece un nuevo enfoque con bases científicas para personalizar las necesidades, aunque es limitado debido a su costo y el poco conocimiento que se tiene ante la CI en México es parte fundamental para realizar alternativas más accesibles para la población.

Nuestros hallazgos y conocimientos adquiridos en este estudio, aunque son limitados representan un impacto positivo ante el desarrollo de nuevas técnicas para la estimación del gasto energético, perfeccionará la práctica clínica, destacando la importancia de explorar enfoques más personalizados o ecuaciones ajustadas para estimar el GER en personas con DM2, debido a que existiría una nueva forma de asegurar la calidad de vida de las personas que viven con DM2 y proporcionar nueva información ante esta patología.

Referencias

- Basto-Abreu, A., López-Olmedo, N., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Moreno-Banda, G. L., Carnalla, M., Rivera, J. A., Romero-Martínez, M., Barquera, S., & Barrientos-Gutiérrez, T. (2023). Prevalence of prediabetes and diabetes in México: Ensanut 2022. *Salud Publica de Mexico*, 65. <https://doi.org/10.21149/14832>
- Blasco Redondo, R. (2015). Gasto energético en reposo. Métodos de evaluación y aplicaciones. *Rev Esp Nutr Comunitaria*, 21, 243–251. <https://doi.org/10.14642/RENC.2015.21.sup1.5071>
- Buch, A., Diener, J., Stern, N., Rubin, A., Kis, O., Sofer, Y., Yaron, M., Greenman, Y., Eldor, R., & Eilat-Adar, S. (2021). Comparison of equations estimating resting metabolic rate in older adults with type 2 diabetes. *Journal of Clinical Medicine*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/jcm10081644>
- Cortés-Reyes, É. T., Andrés Rubio-Romero, J., & Gaitán-Duarte, H. (2010). MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE EVALUACIÓN DE LA CONCORDANCIA Y LA REPRODUCIBILIDAD DE PRUEBAS DIAGNÓSTICAS Statistical methods for evaluating diagnostic test agreement and reproducibility. En *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología* Vol. 61(3).
- Fullmer, S., Benson-Davies, S., Earthman, C. P., Frankenfield, D. C., Gradwell, E., Lee, P. S. P., Piemonte, T., & Trabulsi, J. (2015). Evidence Analysis Library Review of Best Practices for Performing Indirect Calorimetry in Healthy and Non-Critically Ill Individuals. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(9), 1417-1446.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.04.003>

- Grassi, T., Boeno, F. P., De Freitas, M. M., De Paula, T. P., Viana, L. V., De Oliveira, A. R., & Steemburgo, T. (2020). Predictive equations for evaluation for resting energy expenditure in Brazilian patients with type 2 diabetes: What can we use? *BMC Nutrition*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40795-020-00384-1>
- Gupta, R. Das, Ramachandran, R., Venkatesan, P., Anoop, S., Joseph, M., & Thomas, N. (2017). Indirect calorimetry: From bench to bedside. En *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism* (Vol. 21, Número 4, pp. 594–599). Medknow Publications. https://doi.org/10.4103/ijem.IJEM_484_16
- Hagedorn, T. (2012). Indirect calorimetry in obese female subjects: Factors influencing the resting metabolic rate. *World Journal of Experimental Medicine*, 2(3), 58. <https://doi.org/10.5493/wjem.v2.i3.58>
- Hatting, M., Tavares, C. D. J., Sharabi, K., Rines, A. K., & Puigserver, P. (2018). Insulin regulation of gluconeogenesis. En *Annals of the New York Academy of Sciences* (Vol. 1411, Número 1, pp. 21–35). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/nyas.13435>
- INEGI. (2023, 6 de julio). ENCUESTA NACIONAL SOBRE SALUD Y ENVEJECIMIENTO EN MÉXICO (ENASEM) Y ENCUESTA DE EVALUACIÓN COGNITIVA 2021 [Comunicado de Prensa] https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/ENASEM/ENASEM_21.pdf
- INEGI. (2022, 10 de noviembre). ESTADÍSTICAS A PROPOSITO DEL DÍA MUNDIAL DE LA DIABETES (14 DE NOVIEMBRE) [Comunicado de Prensa]

https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2022/EAP_DIABETES_2022.pdf

Lluís Carrasco, J., & Jover, L. (2004). Métodos estadísticos para evaluar la concordancia. En *28 Med Clin (Barc)* (Vol. 122).

Mahan, L. K., Krause, M. V., & Raymond, J. L. (2017). *Krause dietoterapia* (14^a ed.). Elsevier

Martínez, G., Cortés, E & Pérez, A.C. (2016). METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y CONCORDANCIA EN EQUIPOS DE MEDICIONES SIMILARES. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(4), 65-70. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000400008&lng=es&tlng=es.

Mirzababaei, A., Daneshzad, E., Shiraseb, F., Pourreza, S., Setayesh, L., Clark, C. C. T., Tangestani, H., Abaj, F., Yarizadeh, H., & Mirzaei, K. (2021). Variants of the cry 1 gene may influence the effect of fat intake on resting metabolic rate in women with overweight of obesity: a cross-sectional study. *BMC endocrine disorders*, 21(1), 196. <https://doi.org/10.1186/s12902-021-00860-0>

Moreira Da Rocha, E. E., Girard, R., Alves, F., Barcellos, R., Da Fonseca, V., & Paulo, R. (2006). *Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application*. Lippincott Williams & Wilkins.

Orellana, R. (2014). LA HEMOGLOBINA GLICOSILADA. En *Scientia Revista de investigación Año* (Vol. 3).

- Petersen, M. C., Vatner, D. F., & Shulman, G. I. (2017). Regulation of hepatic glucose metabolism in health and disease. En *Nature Reviews Endocrinology* (Vol. 13, Número 10, pp. 572–587). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2017.80>
- Poli, V. F. S., Sanches, R. B., Moraes, A. D. S., Fidalgo, J. P. N., Nascimento, M. A., Andrade-Silva, S. G., Clemente, J. C., Yi, L. C., & Caranti, D. A. (2016). Resting energy expenditure in obese women: Comparison between measured and estimated values. *British Journal of Nutrition*, *116*(7), 1306–1313. <https://doi.org/10.1017/S0007114516003172>
- Roy-García, I., Rivas-Ruiz, R., Pérez-Rodríguez, M., & Palacios-Cruz, L. (2019). Correlation: Not all correlation entails causality. *Revista Alergia Mexico*, *66*(3), 354–360. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.651>
- Santos Lozano, E. (2022). Resistencia a Insulina: Revisión de literatura. *Revista Médica Hondureña*, *90*(1), 63–70. <https://doi.org/10.5377/rmh.v90i1.13824>
- Saz-Peiró, P., & Saz-Tejero, S. (2015). Indicaciones terapéuticas del ayuno. *MEDICINA NATURISTA*, *9*, 13–24.
- Schadewaldt, P., Nowotny, B., Straßburger, K., Kotzka, J., & Roden, M. (2013). Indirect calorimetry in humans: A postcalorimetric evaluation procedure for correction of metabolic monitor variability. *American Journal of Clinical Nutrition*, *97*(4), 763–773. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.035014>
- Soledispa-Toala, S. Z., & Chele-Villacreses, J. G. (2023). Resistencia a la insulina como factor predisponente de diabetes mellitus tipo II en pacientes atendidos en laboratorio privado de Sucre. *MQR Investigar*, *7*(4), 2237–2251. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.7.4.2023.2237-2251>

- Suverza Fernández, A., & Haua Navarro, K. (2011). *El ABCD de la evaluación del estado de nutrición* (primera edición.). México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Tatucu-Babet, O. A., & Ridley, E. J. (2019). Clinimetrics: Indirect calorimetry. En *Journal of Physiotherapy* (Vol. 65, Número 4, p. 240). Australian Physiotherapy Association.
<https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.07.002>
- Tranah, G. J., Manini, T. M., Lohman, K. K., Nalls, M. A., Kritchevsky, S., Newman, A. B., Harris, T. B., Miljkovic, I., Biffi, A., Cummings, S. R., & Liu, Y. (2011). Mitochondrial DNA variation in human metabolic rate and energy expenditure. *Mitochondrion*, 11(6), 855–861. <https://doi.org/10.1016/j.mito.2011.04.005>
- Tran, L. T., Park, S., Kim, S. K., Lee, J. S., Kim, K. W., & Kwon, O. (2022). Hypothalamic control of energy expenditure and thermogenesis. *Experimental & molecular medicine*, 54(4), 358–369. <https://doi.org/10.1038/s12276-022-00741-z>
- Vargas Z, M., Lancheros P., L. y Barrera P., M. D. P. (2011). Gasto energético en reposo y composición corporal en adultos. *Revista de la Facultad de Medicina*, 59(1), 43–58.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/24108>
- Wahrlich, V & Anjos, L. (2001). Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura.

Anexos

Anexo 1. Formato del consentimiento informado



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
"SALVADOR ZUBIRÁN"

**RESPUESTA CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA DURANTE UNA PRUEBA
CARDIOPULMONAR DE EJERCICIO (PCPE) EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2**
CLAVE : UIE 4497-23-23-1

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL PROYECTO:

RESPUESTA CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA DURANTE UNA PRUEBA CARDIOPULMONAR DE EJERCICIO (PCPE) EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2

Investigador principal: Linda Lilitiana Muñoz Hernandez

Dirección del investigador: Av Vasco de Quiroga 15 Col. Belisario Domínguez, Sección XVI, Tlalpan CP 14080. México, CDMX

Teléfono de contacto del investigador (incluyendo uno para emergencias 24 horas): 54 87 09 000 ext 6322, Celular 55 13 63 64 57

Investigadores participantes: Calos A Aguilar Salinas, Ivette Cruz Bautista, Paloma Álmeda Váldez, Raúl Eduardo Salgado, Leticia López Carreola, José Jesús Flores Brito, Frida Yolotzin Rodríguez Zavala

Nombre del patrocinador del estudio: No cuenta con patrocinio

Dirección del patrocinador: N/A

Versión del consentimiento informado y fecha de su preparación: 7 de Febrero 2023.

INTRODUCCIÓN:

Este documento es una invitación a participar en un estudio de investigación del Instituto. Por favor, tome todo el tiempo que sea necesario para leer este documento; pregunte al investigador sobre cualquier duda que tenga.

Procedimiento para dar su consentimiento. Usted tiene el derecho a decidir si quiere participar o no como sujeto de investigación en este proyecto. El investigador le debe explicar ampliamente los beneficios y riesgos del proyecto sin ningún tipo de presión y **usted tendrá todo el tiempo que requiera para pensar, solo o con quien usted decida consultarlo, antes de decidir si acepta participar**. Cualquiera que sea su decisión no tendrá efecto alguno sobre su atención médica en el Instituto.

Con el fin de tomar una decisión verdaderamente informada sobre si acepta participar o no en este estudio, usted debe tener el conocimiento suficiente acerca de los posibles riesgos y beneficios a su salud al participar. Este documento le dará información detallada acerca del estudio de investigación, la cual podrá comentar con quien usted quiera, por ejemplo un familiar, su médico tratante, el investigador principal de este estudio o con algún miembro del equipo de investigadores. Al final, una vez leída y entendida esta información, se le invitará a que forme parte del proyecto y si usted acepta, sin ninguna presión o intimidación, se le invitará a firmar este consentimiento informado.

1

Vasco de Quiroga No.15 Tlalpan 14080. Ciudad de México



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
"SALVADOR ZUBIRÁN"

**RESPUESTA CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA DURANTE UNA PRUEBA
CARDIOPULMONAR DE EJERCICIO (PCPE) EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2**

CLAVE : UIE 4497-23-23-1

Este consentimiento informado cumple con los lineamientos establecidos en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la Declaración de Helsinki, y a las Buenas Prácticas Clínicas emitidas por la Comisión Nacional de Bioética.

Al final de la explicación, usted debe entender los puntos siguientes:

- I. La justificación y los objetivos de la investigación.
- II. Los procedimientos que se utilizarán y su propósito, incluyendo la identificación de qué son procedimientos experimentales.
- III. Los riesgos o molestias previstos.
- IV. Los beneficios que se pueden observar.
- V. Los procedimientos alternativos que pudieran ser ventajosos para usted
- VI. Garantía para recibir respuestas a las preguntas y aclarar cualquier duda sobre los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación y el tratamiento de la materia.
- VII. La libertad que tiene de retirar su consentimiento en cualquier momento y dejar de participar en el estudio, sin que por ello se afecte su atención y el tratamiento en el Instituto.
- VIII. La seguridad de que no se le va a identificar de forma particular y que se mantendrá la confidencialidad de la información relativa a su privacidad.
- IX. El compromiso del investigador de proporcionarle la información actualizada que pueda ser obtenida durante el estudio, aunque esto pudiera afectar a su disposición para continuar con su participación.
- X. La disponibilidad del tratamiento médico y compensación a que legalmente tiene derecho, en el caso de que ocurran daños causados directamente por la investigación.

Puede solicitar más tiempo o llevar a casa este formulario antes de tomar una decisión final en los días futuros.

INVITACIÓN A PARTICIPAR COMO SUJETO DE INVESTIGACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Estimado(a) Sr(a). _____

El Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), a través del grupo de investigación, le invitan a participar como sujeto de investigación en este estudio que tiene como objetivo: Valorar su condición física midiendo la condición de sus pulmones y su corazón cuando hace ejercicio, esto se puede evaluar con una prueba llamada "prueba cardiopulmonar de ejercicio " (PCPE) que se lleva a cabo en una caminadora durante la cual se medirán algunos aspectos de su respiración

2

Vasco de Quiroga No.15 Tlalpan 14080. Ciudad de México



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
"SALVADOR ZUBIRÁN"

**RESPUESTA CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA DURANTE UNA PRUEBA
CARDIOPULMONAR DE EJERCICIO (PCPE) EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2**
CLAVE : UIE 4497-23-23-1

y su corazón. También se evaluará su metabolismo, de forma específica cuánta energía consume su cuerpo en estado de reposo, esto mediante un estudio llamado calorimetría indirecta.

La duración total del estudio es: Visita única de 2 horas.

Su participación en el estudio tendrá una duración de: 2 horas

El número aproximado de participantes será: participantes

Usted fue invitado al estudio debido a que tiene las siguientes características: Tiene diabetes tipo 2 sin complicaciones crónicas graves o como sujeto control, es decir persona sin diabetes.

PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO

Las maniobras del estudio a realizar son una calorimetría indirecta con un equipo llamado calorímetro y una prueba cardiopulmonar de ejercicio llevada a cabo con un equipo llamado ergoespirómetro. Los resultados se compararán entre personas con diabetes y sin diabetes.

Su participación en el estudio consiste en: Acudirá en sólo una ocasión a la Unidad de Investigación de Enfermedades Metabólicas, con un ayuno de 4 horas, en un horario comprendido entre las 11 de la mañana y 1 de la tarde, de acuerdo con sus posibilidades. Es importante que el día previo a la visita, usted no haga ejercicio extenuante y continúe con su alimentación habitual. Su visita tendrá una duración de aproximadamente dos horas, durante las cuales, se le informarán los objetivos del protocolo, se responderán dudas, se hará una entrevista que consistirá en una historia clínica para conocer sus antecedentes clínicos y un cuestionario para determinar su nivel de actividad física, también le haremos un cuestionario para registrar los alimentos y bebidas que usted ingirió el día previo. Adicionalmente se medirá su estatura, peso, perímetro de cintura y se hará una medición de su composición corporal mediante un estudio llamado bioimpedancia.

Los procedimientos del estudio incluyen una prueba para medir cuántas calorías gasta en un día cuando está en estado de reposo. Este estudio se llama calorimetría indirecta, se lleva a cabo con un equipo llamado calorímetro y para tener mediciones correctas se requiere que usted esté recostado o recostada guardando reposo por un espacio de 30 minutos, posteriormente se le colocará una mascarilla a través de la cual respirará por 25 minutos para medir el oxígeno que consume su cuerpo y de esta manera determinar las calorías que está usando mientras está en reposo. La mascarilla debe quedar colocada en su cara de forma que al principio puede sentir cierta incomodidad que pasará después de algunos minutos. Al concluir esta prueba, la pasaremos al equipo llamado ergoespirómetro, colocaremos unos electrodos (como los que se usan para los electrocardiogramas) en su tórax en la misma posición que se colocan los electrodos en un electrocardiograma, y haremos un electrocardiograma. Si su electrocardiograma es normal, haremos la prueba de ejercicio en una caminadora, la prueba no tiene una duración predeterminada, sino que se da por concluida una vez que usted manifiesta cansancio, durante esta prueba la mayor parte del tiempo hará una caminata y sólo si usted decide y avanza en la prueba, hará un trote. Al concluir la prueba de ejercicio se dará por terminada su participación en el estudio. Antes de retirarse de nuestras instalaciones se le entregarán

3

Vasco de Quiroga No.15 Tlalpan 14080. Ciudad de México



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
"SALVADOR ZUBIRÁN"

**RESPUESTA CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA DURANTE UNA PRUEBA
CARDIOPULMONAR DE EJERCICIO (PCPE) EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2**

CLAVE : UIE 4497-23-23-1

los resultados de sus estudios y se le dará una explicación de estos resultados.
Estas pruebas no son parte del manejo convencional de personas con diabetes, pero le serán útiles para conocer mejor su condición física, la salud de sus pulmones y corazón y las calorías que gasta cuando está en reposo y cuando hace actividad física.
Su responsabilidad como participante, consiste en hacernos saber si presenta algún síntoma durante los procedimientos que le realizaremos.

RIESGOS E INCONVENIENTES

Los datos acerca de su identidad y su información médica no serán revelados en ningún momento como lo estipula la ley, por tanto, en la recolección de datos clínicos usted no enfrenta riesgos mayores a los relativos a la protección de la confidencialidad la cual será protegida mediante la codificación de las muestras y de su información.

La prueba de calorimetría indirecta no conlleva ningún riesgo y la prueba de ejercicio tiene riesgos menores, por ejemplo, pérdida del equilibrio mientras esté en la caminadora, en cuyo caso el equipo se para de inmediato para evitar caídas, que desarrolle síntomas de que llega poca sangre a su corazón, lo cual se llama isquemia, para lo cual usted tiene un riesgo mínimo, motivo por el que ha sido seleccionado para participar en este estudio.

BENEFICIOS POTENCIALES

Este estudio no está diseñado para beneficiarle directamente. Sin embargo, le será útil para conocer su estado de condición física, la salud de sus pulmones y corazón cuando se ejercita y como usa su cuerpo las calorías que consume cuando está en estado de reposo. Además, gracias a su participación altruista, su comunidad se puede beneficiar significativamente al encontrar nuevas formas de valorar la salud cardiopulmonar.

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

No se cobrará ninguna tarifa por participar en el estudio ni se le hará pago alguno.

COMPENSACIÓN

Si llegara a presentarse alguna complicación como resultado directo de su participación en este estudio, por parte del protocolo le proporcionaremos el tratamiento inmediato y lo referiremos, si lo amerita, al especialista médico que requiera

4

Vasco de Quiroga No.15 Tlalpan 14080. Ciudad de México



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
"SALVADOR ZUBIRÁN"

**RESPUESTA CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA DURANTE UNA PRUEBA
CARDIOPULMONAR DE EJERCICIO (PCPE) EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2**
CLAVE : UIE 4497-23-23-1

ALTERNATIVAS A SU PARTICIPACIÓN:

Su participación es voluntaria. Por lo que usted puede elegir no participar en el estudio. En caso de decidir no participar, usted seguirá recibiendo el tratamiento o manejo habitual para su enfermedad, en caso de que sea paciente de este hospital.

POSIBLES PRODUCTOS COMERCIALES DERIVABLES DEL ESTUDIO:

Los resultados o materiales obtenidos en el estudio serán propiedad del INCMNSZ. Si un producto comercial es desarrollado como resultado del estudio, tal insumo será propiedad del Instituto o quienes ellos designen. En tal caso, usted no recibirá un beneficio financiero por el mismo.

ACCIONES A SEGUIR DESPUÉS DEL TÉRMINO DEL ESTUDIO:

Usted puede solicitar los resultados de sus exámenes clínicos y de las conclusiones del estudio al Dr. Linda Liliana Muñoz Hernandez del INCMNSZ (tel.5513636457) . La investigación es un proceso largo y complejo. El obtener los resultados finales del proyecto puede tomar varios meses.

PARTICIPACIÓN Y RETIRO DEL ESTUDIO:

Recuerde que su participación es VOLUNTARIA. Si usted decide no participar, tanto su relación habitual con el INCMNSZ como su derecho para recibir atención médica o cualquier servicio al que tenga derecho no se verán afectados. Si decide participar, tiene la libertad para retirar su consentimiento e interrumpir su participación en cualquier momento sin perjudicar su atención en el INCMNSZ. Se le informará a tiempo si se obtiene nueva información que pueda afectar su decisión para continuar en el estudio.

El investigador o el patrocinador del estudio puede excluirlo del estudio si usted no asiste a la visita donde se llevarán a cabo las pruebas.

El estudio puede darse por terminado en forma prematura si se identifican riesgos no previstos.

CONFIDENCIALIDAD Y MANEJO DE SU INFORMACIÓN

Su nombre no será usado en ninguno de los reportes públicos del estudio. Es posible que su información médica pueda ser usada para otros proyectos de investigación análogos relacionados con la enfermedad en estudio. No podrán ser usados para estudios de investigación que estén relacionados con condiciones distintas a las estudiadas en este proyecto, y estos estudios deberán ser sometidos a aprobación por un Comité de Ética.

Sus datos podrán ser almacenados por los investigadores hasta por 10 años

5

Vasco de Quiroga No.15 Tlalpan 14080. Ciudad de México



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
"SALVADOR ZUBIRÁN"

**RESPUESTA CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA DURANTE UNA PRUEBA
CARDIOPULMONAR DE EJERCICIO (PCPE) EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2**
CLAVE : UIE 4497-23-23-1

Si bien existe la posibilidad de que su privacidad sea afectada como resultado de su participación en el estudio, su confidencialidad será protegida como lo marca la ley, asignando códigos a su información. El código es un número de identificación que no incluye datos personales. Ninguna información sobre su persona será compartida con otros sin su autorización, excepto:

- Si es necesario para proteger sus derechos y bienestar (por ejemplo, si ha sufrido una lesión y requiere tratamiento de emergencia); o
- Es solicitado por la ley.

Si usted decide retirarse del estudio, podrá solicitar el retiro y eliminación de su información. Todas las hojas de recolección de datos serán guardadas con las mismas medidas de confidencialidad, y solo los investigadores titulares tendrán acceso a los datos que tienen su nombre. Si así lo desea, usted deberá contactar al Dr. Sergio Hernández Jiménez al teléfono 55 54 87 09 00 ext 6101 y expresar su decisión por escrito.

El Comité de Ética en Investigación del INCMNSZ aprobó la realización de este estudio. Dicho comité es quien revisa, aprueba y supervisa los estudios de investigación en humanos en el Instituto. En el futuro, si identificamos información que consideremos importante para su salud, consultaremos con el Comité de Ética en Investigación para decidir la mejor forma de darle esta información a usted y a su médico. Además, le solicitamos que nos autorice contactarlo, en caso de ser necesario, para solicitarle información que podría ser relevante para el desarrollo de este proyecto.

Los datos científicos obtenidos como parte de este estudio podrían ser utilizados en publicaciones o presentaciones médicas. Su nombre y otra información personal serán eliminados antes de usar los datos.

Si usted lo solicita su médico de cabecera será informado sobre su participación en el estudio.

IDENTIFICACIÓN DE LOS INVESTIGADORES:

En caso de que usted sufra un daño relacionado al estudio, por favor póngase en contacto con la Dra. Linda Liliana Muñoz Hernandez en el INCMNSZ (teléfono: 55 54 87 09 22 exy 6322, o al 55 13 636457).

Si usted tiene preguntas sobre el estudio, puede ponerse en contacto con la Dra. Linda Liliana Muñoz Hernandez en el INCMNSZ (teléfono: 55 54 87 09 22 exy 6322, o al 55 13 636457).

Si usted tiene preguntas acerca de sus derechos como participante en el estudio, puede hablar con el Presidente del Comité de Ética en Investigación del INCMNSZ (Dr. Sergio Hernández Jiménez, teléfono: 54870900 ext. 6101).

DECLARACIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO

He leído con cuidado este consentimiento informado, he hecho todas las preguntas que he tenido y todas han sido respondidas satisfactoriamente. Para poder participar en el estudio, estoy de acuerdo

6

Vasco de Quiroga No.15 Tlalpan 14080. Ciudad de México



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
"SALVADOR ZUBIRÁN"

**RESPUESTA CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA DURANTE UNA PRUEBA
CARDIOPULMONAR DE EJERCICIO (PCPE) EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2**
CLAVE : UIE 4497-23-23-1

con todos los siguientes puntos:

Estoy de acuerdo en participar en el estudio descrito anteriormente. Los objetivos generales, particulares del reclutamiento y los posibles daños e inconvenientes me han sido explicados a mi entera satisfacción.

Estoy de acuerdo en aportar de forma voluntaria mi información médica y podrá ser utilizada en este estudio.

Estoy de acuerdo, en caso de ser necesario, que se me contacte en el futuro si el proyecto requiere coleccionar información adicional o si encuentran información relevante para mi salud.

Mi firma también indica que he recibido un duplicado de este consentimiento informado.

Por favor responda las siguientes preguntas:

	SÍ (marque por favor)	NO (marque por favor)
a. ¿Ha leído y entendido el formato de consentimiento informado, en su lengua materna?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. ¿Ha tenido la oportunidad de hacer preguntas y de discutir este estudio?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. ¿Ha recibido usted respuestas satisfactorias a todas sus preguntas?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. ¿Ha recibido suficiente información acerca del estudio y ha tenido el tiempo suficiente para tomar la decisión?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. ¿Entiende usted que su participación es voluntaria y que es libre de suspender su participación en este estudio en cualquier momento sin tener que justificar su decisión y sin que esto afecte su atención médica o sin la pérdida de los beneficios a los que de otra forma tenga derecho?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f. ¿Entiende que puede no recibir algún beneficio directo de participar en este estudio?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g. ¿Entiende que no está renunciando a ninguno de sus derechos legales a los que es acreedor de otra forma como sujeto en un estudio de investigación?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h. ¿Entiende que el médico participante en el estudio puede retirarlo del mismo sin su consentimiento, ya sea debido a que usted no siguió los requerimientos del estudio o si el médico participante en el	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7

Vasco de Quiroga No.15 Tlalpan 14080. Ciudad de México



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
"SALVADOR ZUBIRÁN"

**RESPUESTA CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA DURANTE UNA PRUEBA
CARDIOPULMONAR DE EJERCICIO (PCPE) EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2**

CLAVE : UIE 4497-23-23-1

- | | SÍ | NO |
|--|---------------------------|---------------------------|
| | (marque por favor) | (marque por favor) |
| estudio considera que médicamente su retiro es en su mejor interés? | | |
| i. ¿Entiende que usted recibirá un original firmado y fechado de esta Forma de Consentimiento para sus registros personales? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Declaración del paciente: Yo,

_____ declaro que es mi
decisión participar como sujeto de investigación clínica en el estudio. Mi participación es voluntaria.

Se me ha informado que puedo negarme a participar o terminar mi participación en cualquier momento del estudio sin que sufra penalidad alguna o pérdida de beneficios. En caso de que sea paciente con registro en el INCMNSZ, si suspendo mi participación, recibiré el tratamiento médico habitual al que tengo derecho en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ) y no sufriré perjuicio en mi atención médica ni en futuros estudios de investigación. Yo puedo solicitar información adicional acerca de los riesgos o beneficios potenciales derivados de mi participación en este estudio. También puedo obtener los resultados de mis exámenes clínicos si así los solicito.

Si tengo preguntas sobre el estudio, puedo ponerme en contacto con la Dra. Linda Liliana Muñoz Hernandez, tel. 55 54 87 09 00 ext 6322 o al 55 13 636457.

He leído y entendido toda la información que me han dado sobre mi participación en el estudio. He tenido la oportunidad para discutirlo y hacer preguntas. Todas las preguntas han sido respondidas a mi satisfacción. He entendido que recibiré una copia firmada de este consentimiento informado.

Tengo claro que en caso de tener preguntas sobre mis derechos como sujeto de investigación clínica en este estudio, problemas, preocupaciones o dudas, y deseo obtener información adicional, o bien, hacer comentarios sobre el desarrollo del estudio, tengo la libertad de hablar con el presidente del Comité de Ética en Investigación del INCMNSZ . Dr. Sergio Hernández Jiménez, teléfono: 54870900 ext. 6101).

8

Vasco de Quiroga No.15 Tlalpan 14080. Ciudad de México



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
"SALVADOR ZUBIRÁN"

**RESPUESTA CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA DURANTE UNA PRUEBA
CARDIOPULMONAR DE EJERCICIO (PCPE) EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2**

CLAVE : UIE 4497-23-23-1

Nombre del / de la Participante

Firma del / de la Participante

Fecha

Coloque la huella digital del participante sobre esta línea si no sabe escribir

Nombre del representante legal (si aplica)

Firma del representante legal

Fecha

Nombre del Investigador
que explicó el documento

Firma del Investigador

Fecha

Nombre del Testigo 1

Firma del Testigo 1

Fecha

Relación con el participante:

9

Vasco de Quiroga No.15 Tlalpan 14080. Ciudad de México



INSTITUTO NACIONAL DE
CIENCIAS MÉDICAS
Y NUTRICIÓN
SALVADOR ZUBIRÁN

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
"SALVADOR ZUBIRÁN"

**RESPUESTA CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA DURANTE UNA PRUEBA
CARDIOPULMONAR DE EJERCICIO (PCPE) EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2**
CLAVE : UIE 4497-23-23-1

Dirección: _____

Nombre del Testigo 2 _____ Firma del Testigo 2 _____

Fecha _____ Relación con el participante: _____

Dirección: _____

Lugar y Fecha: _____

(El presente documento es original y consta de 10 páginas)

Anexo 2. Interrogatorios de actividad física (IPAQ-9)

Actividad física		
<p>A continuación voy a preguntarle por el tiempo que pasa realizando diferentes tipos de actividad física. Le ruego que intente contestar a las preguntas aunque no se considere una persona activa.</p> <p>Piense primero en el tiempo que pasa en el trabajo, que se trate de un empleo remunerado o no, de estudiar, de mantener su casa, de cosechar, de pescar, de cazar o de buscar trabajo <i>[inserte otros ejemplos si es necesario]</i>. En estas preguntas, las "actividades físicas intensas" se refieren a aquellas que implican un esfuerzo físico importante y que causan una gran aceleración de la respiración o del ritmo cardíaco. Por otra parte, las "actividades físicas de intensidad moderada" son aquellas que implican un esfuerzo físico moderado y causan una ligera aceleración de la respiración o del ritmo cardíaco.</p>		
Pregunta	Respuesta	Código
En el trabajo		
49	<p>¿Exige su trabajo una actividad física intensa que implica una aceleración importante de la respiración o del ritmo cardíaco, como <i>[levantar pesos, cavar o trabajos de construcción]</i> durante al menos 10 minutos consecutivos?</p> <p><i>(INSERTAR EJEMPLOS Y UTILIZAR LAS CARTILLAS DE IMÁGENES)</i></p>	P1
	<p>SI 1</p> <p>No 2 Si No, Saltar a P4</p>	
50	En una semana típica, ¿cuántos días realiza usted actividades físicas intensas en su trabajo?	P2
	Número de días <input type="text"/>	
51	En uno de esos días en los que realiza actividades físicas intensas, ¿cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades?	P3 (a-b)
	Horas : minutos <input type="text"/> : <input type="text"/>	
	hrs mins	
52	<p>¿Exige su trabajo una actividad de intensidad moderada que implica una ligera aceleración de la respiración o del ritmo cardíaco, como caminar deprisa <i>[o transportar pesos ligeros]</i> durante al menos 10 minutos consecutivos?</p> <p><i>(INSERTAR EJEMPLOS Y UTILIZAR LAS CARTILLAS DE IMÁGENES)</i></p>	P4
	<p>SI 1</p> <p>No 2 Si No, Saltar a P7</p>	
53	En una semana típica, ¿cuántos días realiza usted actividades de intensidad moderada en su trabajo?	P5
	Número de días <input type="text"/>	
54	En uno de esos días en los que realiza actividades físicas de intensidad moderada, ¿cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades?	P6 (a-b)
	Horas : minutos <input type="text"/> : <input type="text"/>	
	hrs mins	
Para desplazarse		
<p>En las siguientes preguntas, dejaremos de lado las actividades físicas en el trabajo, de las que ya hemos tratado. Ahora me gustaría saber cómo se desplaza de un sitio a otro. Por ejemplo, cómo va al trabajo, de compras, al mercado, al lugar de culto <i>[insertar otros ejemplos si es necesario]</i></p>		
55	¿Camina usted o usa usted una bicicleta al menos 10 minutos consecutivos en sus desplazamientos?	P7
	<p>SI 1</p> <p>No 2 Si No, Saltar a P10</p>	
56	En una semana típica, ¿cuántos días camina o va en bicicleta al menos 10 minutos consecutivos en sus desplazamientos?	P8
	Número de días <input type="text"/>	
57	En un día típico, ¿cuánto tiempo pasa caminando o yendo en bicicleta para desplazarse?	P9 (a-b)
	Horas : minutos <input type="text"/> : <input type="text"/>	
	hrs mins	
En el tiempo libre		
<p>Las preguntas que van a continuación excluyen la actividad física en el trabajo y para desplazarse, que ya hemos mencionado. Ahora me gustaría tratar de deportes, fitness u otras actividades físicas que practica en su tiempo libre <i>[inserte otros ejemplos si llega el caso]</i>.</p>		
58	<p>¿En su tiempo libre, practica usted deportes/fitness intensos que implican una aceleración importante de la respiración o del ritmo cardíaco como <i>[correr, jugar al fútbol]</i> durante al menos 10 minutos consecutivos?</p> <p><i>(INSERTAR EJEMPLOS Y UTILIZAR LAS CARTILLAS DE IMÁGENES)</i></p>	P10
	<p>SI 1</p> <p>No 2 Si No, Saltar a P13</p>	
59	En una semana típica, ¿cuántos días practica usted deportes/fitness intensos en su tiempo libre?	P11
	Número de días <input type="text"/>	
60	En uno de esos días en los que practica deportes/fitness intensos, ¿cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades?	P12 (a-b)
	Horas : minutos <input type="text"/> : <input type="text"/>	
	hrs mins	

Anexo 3. Consumo de alimentos (R24)

VALORACIÓN NUTRIOLÓGICA / ANAMNESIS					
Hora	Tiempo	Gpo	Porción	Cantidad	Descripción
HORA _____ LUGAR _____	Desayuno	L-Y	—	_____	
		C	—	_____	
		P	—	_____	
		Leg	—	_____	
		F	—	_____	
		V1	—	_____	
		V2	—	_____	
		A	—	_____	
HORA _____ LUGAR _____	Col 1	—	—	_____	
HORA _____ LUGAR _____	Comida	L-Y	—	_____	
		C	—	_____	
		P	—	_____	
		Leg	—	_____	
		F	—	_____	
		V1	—	_____	
		V2	—	_____	
		A	—	_____	
HORA _____ LUGAR _____	Col 2	—	—	_____	
HORA _____ LUGAR _____	Cena	L-Y	—	_____	
		C	—	_____	
		P	—	_____	
		Leg	—	_____	
		F	—	_____	
		V1	—	_____	
		V2	—	_____	
		A	—	_____	

¿Cuántas comidas realiza al día? 1 2 3 4 5 6

¿Cuáles son? Desayuno Colación Matutina Comida Colación Vespertina Cena Colación Nocturna

¿En dónde come frecuentemente? Casa Trabajo(comedor) Calle(puestos) Restaurante Fonda(comida corrida)

Anexo 4. Formato para obtener las mediciones por calorimetría indirecta

Fecha	Tiempo	Carga	VO2	VCO2	RER	HR	O2pulso	VE	f-tergo	VT	PETO2	PETCO2	FETO2	RQ
	00:10													#DIV/0!
	00:20													#DIV/0!
	00:30													#DIV/0!
	00:40													#DIV/0!
	00:50													#DIV/0!
	01:00													#DIV/0!
	01:10													#DIV/0!
	01:20													#DIV/0!
	01:30													#DIV/0!
	01:40													#DIV/0!
	01:50													#DIV/0!
	02:00													#DIV/0!
	02:10													#DIV/0!
	02:20													#DIV/0!
	02:30													#DIV/0!
	02:40													#DIV/0!
	02:50													#DIV/0!
	03:00													#DIV/0!
	03:10													#DIV/0!
	03:20													#DIV/0!
	03:30													#DIV/0!
	03:40													#DIV/0!
	03:50													#DIV/0!
	04:00													#DIV/0!
	04:10													#DIV/0!
	04:20													#DIV/0!
	04:30													#DIV/0!
	04:40													#DIV/0!
	04:50													#DIV/0!
	05:00													#DIV/0!
	05:10													#DIV/0!
	05:20													#DIV/0!
	05:30													#DIV/0!
	05:40													#DIV/0!
	05:50													#DIV/0!
	06:00													#DIV/0!
	06:10													#DIV/0!
	06:20													#DIV/0!
	06:30													#DIV/0!
	06:40													#DIV/0!
	06:50													#DIV/0!
	07:00													#DIV/0!
	07:10													#DIV/0!
	07:20													#DIV/0!
	07:30													#DIV/0!
	07:40													#DIV/0!
	07:50													#DIV/0!
	08:00													#DIV/0!
	08:10													#DIV/0!
	08:20													#DIV/0!
	08:30													#DIV/0!
	08:40													#DIV/0!
	08:50													#DIV/0!
	09:00													#DIV/0!
	09:10													#DIV/0!
	09:20													#DIV/0!
	09:30													#DIV/0!

