



Original/*Ancianos*

Influencia del sobrepeso y la obesidad sobre el tiempo de equilibrio del deuterio, pero no en el agua corporal total y la composición corporal en mujeres mayores de 60 años

Jonathan Lizárraga-Cañedo¹, Alma Robles-Sardin¹, Gabriela Salazar² y Heliodoro Alemán-Mateo¹

¹Coordinación de Nutrición. Departamento de Nutrición y Metabolismo. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A.C. ²Laboratorio de Metabolismo Energético. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile.

Resumen

Introducción: el envejecimiento y la obesidad producen cambios en la tasa de recambio de agua, lo que podría afectar al tiempo de equilibrio del óxido de deuterio ($^2\text{H}_2\text{O}$).

Objetivo: se evaluó el efecto del sobrepeso y la obesidad sobre el tiempo de equilibrio del isótopo estable de deuterio en muestras de saliva de adultos mayores.

Métodos: se incluyeron 18 mujeres entre 63 y 80 años con un índice de masa corporal (IMC) de 20,8 a 40,5 kg/m². Después de la toma de una muestra de saliva basal se administró una dosis vía oral de 30 g de $^2\text{H}_2\text{O}$. Se tomaron muestras de saliva a las 2, 2,5, 3, 3,5 y 4 horas post-dosis, las cuales fueron analizadas mediante espectrometría infrarroja con transformada de Fourier.

Resultados: el tiempo de equilibrio (plateau) promedio en las mujeres con un IMC normal (18,5-24,9 kg/m²) fue de 3,6 ± 0,2 horas, el cual fue diferente estadísticamente al obtenido en el grupo con sobrepeso (25-29,9 kg/m²) y obesidad (>30 kg/m²) de 2,9 ± 0,4 horas y 2,8 ± 0,4 horas, respectivamente (p<0,05). Los valores de agua corporal total y la masa corporal libre de grasa calculados con los valores de enriquecimiento isotópico a las 3,6 (plateau alcanzado en el grupo con IMC normal) no fueron diferentes estadísticamente a los valores calculados al plateau a las 2,9 y 2,8 horas en el grupo con sobrepeso y obesidad, respectivamente (p>0,05).

Conclusión: se encontró un efecto de la obesidad sobre el tiempo de equilibrio; sin embargo, no afectó al cálculo del agua corporal total y a la composición corporal en este grupo etario.

(Nutr Hosp. 2015;32:2792-2799)

DOI:10.3305/nh.2015.32.6.9807

Palabras clave: *Envejecimiento. Obesidad. Tiempo de equilibrio. Deuterio y agua corporal total.*

Correspondencia: Heliodoro Alemán Mateo.
Coordinación de Nutrición,
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.,
Carretera a la Victoria Km. 0.6. Hermosillo (Sonora), México.
Apartado Postal 1735, C.P. 83304.
E-mail: helio@ciad.mx

Recibido: 29-VIII-2015.

Aceptado: 9-IX-2015.

EFFECT OF OVERWEIGHT AND OBESITY ON THE EQUILIBRIUM TIME, BUT NO IN THE TOTAL BODY WATER AND BODY COMPOSITION COMPARTMENTS IN WOMEN SUBJECTS OVER 60 YEARS OF AGE

Abstract

Introduction: aging and obesity cause changes in water exchange rate, which could affect the equilibrium time of deuterium oxide ($^2\text{H}_2\text{O}$).

Objective: to assess the effect of overweight and obesity on the equilibrium time of the stable isotope deuterium in saliva samples of older adults.

Methods: a sample of 18 women over 63 years with a body mass index (BMI) of 20.8 to 40.5 kg/m² were included. A basal saliva sample was taken and immediately a dose of 30 g of $^2\text{H}_2\text{O}$ was administered orally. Saliva samples at 2, 2.5, 3, 3.5 and 4 hours post-dose were taken. Deuterium in saliva samples were analyzed by Fourier Transform Infrared spectroscopy technique.

Results: the average in equilibrium time (plateau) in women of normal BMI (18.5-24.9 kg/m²) was 3.6 ± 0.2 hours, which was statistically different to those obtained in the group with overweight (25-29.9 kg/m²) and obese (>30 kg/m²) of 2.9 ± 0.4 hours and 2.8 ± 0.4 hours, respectively (p<0.05). The values of total body water and fat free mass calculated with the values of isotopic enrichment at 3.6 (plateau reached in the group with normal BMI) did not differ statistically from the values calculated to plateau at 2.9 and 2.8 hours in the overweight and obesity group, respectively (p>0.05).

Conclusion: obesity had an effect on the equilibrium times; however, did not affect the calculation of total body water and body composition in this older women adult group.

(Nutr Hosp. 2015;32:2792-2799)

DOI:10.3305/nh.2015.32.6.9807

Key words: *Aging. Obesity. Equilibrium time. Deuterium and total body water.*

Abreviaciones

$^2\text{H}_2\text{O}$ = Óxido de Deuterio
ACT= Agua Corporal Total
MCLG= Masa Corporal Libre de Grasa
MG= Masa Grasa
IMC= Índice de Masa Corporal
FTIR= Espectrometría Infrarroja con transformada de Fourier (Por sus siglas en Inglés)

Introducción

El agua corporal total (ACT), es el componente más abundante en el humano. Al nacer, este contiene de un 70.0% a un 75.0% de agua. En adultos delgados es de 50.0% a 60.0% del peso corporal y disminuye a 40.0% en adultos con obesidad¹. El ACT se encuentra en la masa corporal libre de grasa (MCLG), en un porcentaje de alrededor de 73.2%². Se reconoce que a pesar de que el ACT disminuye con la edad³, éste factor de hidratación (73.2%) en el adulto, permanece estable hasta edades avanzadas^{1,4,5}.

La homeostasis del agua corporal está estrechamente controlada en condiciones normales. Durante el envejecimiento disminuye la sensación de la sed, hay una pérdida del ACT de alrededor del 1% y también hay pérdida de la homeostasis renal⁶. Se ha postulado que estos cambios podrían alterar el recambio de agua corporal en los adultos mayores⁶. Considerando que el recambio de agua es un indicador de la homeostasis de agua⁷, se infiere una pérdida de la homeostasis de agua corporal durante el envejecimiento.

En los pocos estudios donde se ha evaluado el recambio de agua, se confirmó que la tasa de recambio de agua en hombres y mujeres entre 70 a 79 años es menor, comparada con la de sujetos entre 40 y 50 años. También se encontró un efecto de la etnicidad sobre el recambio, los Afroamericanos presentaron una tasa de recambio más lenta comparado con los Caucásicos⁸. Este efecto de la edad sobre el recambio de agua, podría afectar el tiempo de equilibrio. Este último se define como el tiempo que tarda el deuterio en distribuirse homogéneamente en el cuerpo, hasta alcanzar un valor estable (plateau o meseta) después de haber consumido la dosis⁹, lo que permite medir con precisión el ACT por medio del principio de dilución, evitando errores en la determinación de la composición corporal.

Pocos estudios han evaluado el efecto de la edad, sobre el tiempo de equilibrio utilizando el criterio de Plateau. Martí *et al.*¹⁰ realizaron un estudio en 10 niños y 10 niñas recién nacidos y demostraron que el tiempo de equilibrio del deuterio en muestras de saliva fue de 3.0 horas. Por su parte, Salazar *et al.*¹¹ encontraron un tiempo de equilibrio de 4.9 ± 1.3 horas en muestras de saliva de infantes de 6-11 meses de edad en condiciones de no ayuno. Salazar *et al.*¹² en otro estudio con 341 niños, encontraron un tiempo de equilibrio de 2.5 horas en muestras de saliva de niños de 2.7 a 5

años de edad. En el caso de adultos jóvenes, Lukaski y Johnson¹³ reportaron un tiempo de equilibrio en saliva de 2.0 horas en hombres y mujeres entre 18 y 23 años. En un estudio en adultos mayores, Albala *et al.*¹⁴ encontraron un tiempo de equilibrio de 3.5 horas en muestras de saliva en 47 adultos de 65 a 92 años de edad. Basado en estos resultados se puede afirmar un efecto de la edad sobre el tiempo de equilibrio.

Actualmente, se conoce muy poco sobre el efecto de las alteraciones del estado de nutrición particularmente la obesidad (alteración de alta prevalencia en este grupo etario¹⁵⁻¹⁶) sobre el recambio de agua y posiblemente su repercusión en el tiempo de equilibrio. En este contexto, la hidrometría podría producir resultados inexactos en la población con sobrepeso y obesidad, si el tiempo de equilibrio utilizado, no fuese correcto. Con relación a la obesidad y el recambio hídrico, Prentice *et al.*¹⁷ en un estudio con mujeres adultas, observaron que las mujeres con obesidad tuvieron un recambio de agua 3% mayor que las mujeres de peso normal. Lukaski y Johnson¹³ reportaron que la obesidad no parecía afectar el tiempo de equilibrio en adultos jóvenes. Sin embargo, dicho estudio solo incluyó dos hombres con IMC promedio de 25.4 kg/m² o con exceso de grasa corporal de 30%¹³. Basados en el efecto del envejecimiento y la obesidad sobre el recambio de agua se infiere que los tiempos de equilibrio del deuterio podrían ser diferentes cuando se tiene un adulto mayor con sobrepeso y obesidad. Por lo tanto, en este estudio se evaluó el efecto del sobrepeso y obesidad sobre el tiempo de equilibrio del deuterio en muestras de saliva, en mujeres mayores de 60 años.

Metodología

Se realizó un estudio con 18 mujeres mayores de 60 años, seis de peso normal y para probar nuestra hipótesis, seis con sobrepeso y seis con obesidad, clasificación basada en el índice de masa corporal¹⁵. Todas ellas residentes de la ciudad de Hermosillo, Sonora; con temperatura media en otoño que oscila en 29-31°C, con una humedad relativa del 54 al 83%. Las voluntarias se contactaron vía telefónica y se les explicó detalladamente en qué consistía el estudio. Es importante mencionar que estos sujetos fueron elegidos de acuerdo al índice de masa corporal (IMC), provenientes de una base de datos de estudios previos, no relacionados con la metodología empleada en el actual estudio. Una vez que aceptaron participar, se les pidió a las participantes que asistieran en ayuno, en ropa ligera, sin consumir ninguna clase de bebida alcohólica y que no realizaran ejercicio moderado o intenso el día previo al estudio. El día del estudio, cada participante firmó la hoja de consentimiento.

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de composición corporal de la Coordinación de Nutrición del CIAD, A.C. Cabe mencionar que este estudio fue aprobado por del Comité de Ética Interinstitucional y es

parte del proyecto general aprobado por CONACYT, 2013: Composición corporal por el modelo molecular de cuatro compartimientos en adultos mayores con obesidad de la Zona Norte de México: datos para el desarrollo de ecuaciones precisas, exactas y prácticas.

Criterios de inclusión

Se incluyeron mujeres mayores de 60 años, con IMC entre 18.5-24.9; 25-29.9 y >30 kg/m². Todas las mujeres fueron aparentemente saludables, con independencia física y residentes por más de cinco años en la ciudad de Hermosillo, Sonora. Con peso estable referido por el voluntario y verificado con la información previa en nuestra base de datos.

Criterios de exclusión

Este estudio no incluyó mujeres con problemas de ambulación, audición, deglución y lenguaje. Tampoco con patologías como diabetes tipo 2, angina de pecho, edema, ascitis o que se encontraran tomando algún medicamento que pudiera afectar el agua corporal, como el uso de diuréticos. Las mujeres con bajo peso de acuerdo al IMC y las que presentaron dificultad para recolectar la saliva en un periodo menor a diez minutos, no se incluyeron en el análisis.

Mediciones

Antropometría

El peso corporal se midió sin zapatos y con ropa, utilizando para ello, una balanza digital AND, modelo HV-200KGL (0-200 kg ± 0.02-0.05 kg, A&D Company, Limited, Tokio, Japón) y la talla con un estadiómetro digital marca SECA (20-205 cm ± 5 mm; SECA, Hamburgo, Alemania). Ambos instrumentos fueron calibrados previamente como parte del proceso de estandarización¹⁸. Con ambas mediciones se derivó el IMC.

Tiempo de equilibrio, ACT y composición corporal

Todas las participantes en condiciones de ayuno recibieron una dosis de 30g de óxido de deuterio (Cambridge Isotope Laboratories, Inc., Tewksbury, USA). Previo a la dosificación, se tomó una muestra basal de saliva, inmediatamente después se administró vía oral una dosis de óxido de deuterio (99.8 átomos % ²H₂O), realizando dos enjuagues de 50 ml con agua potable para asegurar la ingesta total de la dosis. Para determinar el tiempo de equilibrio se tomaron muestras de saliva a las 2, 2.5, 3, 3.5 y 4 horas post-dosis. Se consideró la meseta o plateau, cuando la diferencia en el

enriquecimiento isotópico, entre dos puntos de tiempo consecutivos, se encontraba por debajo de 2%, el cual se considera como límite aceptable^{11,19-21}. El tiempo de equilibrio es altamente variable entre los individuos, por lo tanto es importante desarrollar el protocolo de prueba que asegure que el equilibrio isotópico se logre en todos los individuos y al mismo tiempo²², así como en diversas condiciones patológicas y con diferentes estados de nutrición.

La determinación del deuterio, se realizó de acuerdo a la especificación del manual publicado por el OIEA en 2013⁵. La cuantificación del deuterio en las muestras de saliva se realizó por medio de espectrometría infrarroja con transformada de Fourier, por sus siglas en inglés FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer) utilizando el modelo FTIR-8400s (Shimadzu Corporation, Tokio, Japón).

El enriquecimiento del deuterio en las muestras biológicas de saliva se utilizó para estimar el ACT y observar el posible efecto del sobrepeso y la obesidad sobre los tiempos de equilibrio, el ACT y la composición corporal. Es importante mencionar que durante el periodo de equilibrio, los voluntarios no consumieron líquidos ni vaciaron la vejiga. El agua corporal total y la composición corporal se estimaron de acuerdo al procedimiento establecido en el manual citado anteriormente, en el cual se hace la corrección del valor del ACT por el factor del intercambio no acuoso de 1.04 y se considera el factor de hidratación del 73.2% para determinar la MCLG (kg)⁵. Por diferencia de peso se obtuvo la masa grasa en kg.

Análisis estadístico

Para probar las diferencias significativas se compararon los valores promedios de las siguientes variables: edad, peso, estatura, IMC, ACT, MCLG, masa grasa y enriquecimiento isotópico entre los grupos de IMC normal, sobrepeso y obesidad mediante un ANOVA, utilizando la prueba de comparación múltiple de Tukey-Kramer para la diferenciación de medias, siempre y cuando las variables presentaban normalidad (asimetría, Kurtosis y pruebas combinadas). Para las variables que no presentaron normalidad se realizó la prueba de Kruskal-Wallis con comparación múltiple de valor-Z (prueba de Duncan). Los valores se reportan como media y desviación estándar o mediana y rangos inter cuartiles según el comportamiento de las variables. Para probar el efecto de la adiposidad sobre el tiempo de equilibrio se utilizó ANOVA entre los tres grupos de IMC.

Para probar el efecto del tiempo de equilibrio del grupo de sobrepeso se utilizó una prueba de t-pareada, comparando el valor promedio de las concentraciones del enriquecimiento a las 3.6h con el valor promedio del enriquecimiento a las 2.9h (plateau en el grupo de sobrepeso). Asimismo, dentro del grupo de obesidad se compararon los promedios de enriquecimiento de

las 3.6h y las 2.8h (plateau en el grupo de obesidad). También se probaron las diferencias de los promedios derivados (ACT, MCLG y MG) de las concentraciones del enriquecimiento del isótopo, dentro de los grupos de IMC y tiempos de equilibrio descritos anteriormente, aplicando también la prueba t-pareada. En todos los casos el nivel de significancia establecido fue de $p \leq 0.05$. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el software estadístico NCSS versión 7 (Hintze, NCSS 7. NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA).

Resultados

Para conocer el tiempo de equilibrio se incluyeron 18 mujeres con un rango de edad de 63 a 80 años. La tabla I muestra que el valor promedio del ACT y

MCLG, así como el valor de la mediana del peso, IMC y masa grasa de las mujeres con obesidad, fue diferente al valor encontrado en las mujeres de IMC normal ($p < 0.05$).

El tiempo de equilibrio promedio en las mujeres de IMC normal fue de 3.6 horas, mientras que en las mujeres con sobrepeso y obesidad se obtuvo a las 2.9 horas y 2.8 horas, respectivamente. El valor promedio de 3.6 fue diferente del tiempo encontrado en las mujeres con obesidad ($p < 0.05$). En la muestra total, el promedio del tiempo de equilibrio fue 3.1 horas. Asimismo, los resultados del ANOVA, utilizando la prueba de comparación múltiple de Tukey-Kramer mostraron que el valor promedio de los valores del enriquecimiento al tiempo de equilibrio en el grupo de IMC normal fue diferente al valor promedio del grupo de IMC ≥ 30 kg/m² ($p < 0.05$) (Tabla II).

Tabla I
Edad y características antropométricas y de composición corporal de las participantes de acuerdo al IMC

Variables	Normales n= 6	Sobrepeso n= 6	Obesidad n= 6	Total n= 18
Edad (años)	68.3 ± 6.1 ^a	70.2 ± 3.7 ^a	73.7 ± 4.9 ^a	70.7 ± 5.2
Peso (kg) [†]	52.7 (53.9-51.4) ^a	65.2 (68.2-61.9) ^b	80.2 (89-74.9) ^b	63.7 (79.3-53.7)
Estatura (m)	1.5 ± 3.8 ^a	1.5 ± 6.5 ^a	1.6 ± 8.2 ^a	1.5 ± 6.1
IMC (kg/m ²) [†]	22.5 (23.5-21.6) ^a	27.7 (28.2-27.1) ^{ab}	32.8 (36.7-31) ^b	27.7 (31.4-23.3)
ACT (L)	24.1 ± 2.7 ^a	28.3 ± 2.1 ^{ab}	30.5 ± 5.2 ^b	27.6 ± 4.4
MCLG (kg)	33 ± 3.8 ^a	38.6 ± 2.9 ^{ab}	41.7 ± 7.2 ^b	37.8 ± 5.9
MG (kg) [†]	19.7 (22.5-16.8) ^a	27.3 (28.8-24.1) ^a	39.2 (46-33.7) ^b	27.3 (35.5-21) [†]

Los valores se expresan en media ± desviación estándar; †Los valores se expresan en mediana (rango inter cuartil)

IMC= Índice de masa corporal

ACT= Agua Corporal Total

MCLG= Masa Corporal Libre de Grasa

MG= Masa Grasa

Literales distintas en una fila, indican que hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Tabla II
Enriquecimiento isotópico al tiempo de equilibrio a nivel individual y grupal con diferente IMC

Variable	No. Sujetos y valor promedio	Normal 3.6 horas	Sobrepeso 2.9 horas	Obesidad 2.8 horas
Enriquecimiento (ppm)	1	1119.9	1045.5	1255.6
	2	1085.7	1069.5	844.3
	3	1308.2	1038.9	993.7
	4	1084.3	898.5	960.6
	5	1432.9	1078.8	1052.6
	6	1267.5	1057.1	761.7
Promedio*		1216.4 ± 142.7 ^a	1031.4 ± 66.8 ^{ab}	978.1 ± 171.9 ^b

IMC= Índice de Masa Corporal; ppm= partes por millón.

*Los valores se expresan en media ± desviación estándar.

Literales distintas en una fila, indican que hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Tabla III y IV muestran el efecto del tiempo de equilibrio sobre el enriquecimiento isotópico. La diferencia entre los valores promedios del enriquecimiento del grupo de mujeres con sobrepeso (media del enriquecimiento a las 2.9 horas) no fue estadísticamente significativa a valores encontrados a las 3.6 horas (tiempo de equilibrio encontrado en las mujeres de IMC normal). En el caso de las mujeres con obesidad también se observó que la diferencia entre los valores promedio del enriquecimiento a las 2.8 horas no fue diferente al valor de la media encontrado a las 3.6 horas (tiempo de equilibrio encontrado en las mujeres de IMC normal). La figura 1 muestra un comportamiento homogéneo de los valores del enriquecimiento isotópico obtenido en los distintos tiempos de equilibrio (horas post dosis) en los tres grupos con IMC diferente. En general se observó una distribución muy cercana entre los valores promedio del enriquecimiento a través del tiempo.

Finalmente, al comparar los valores de ACT y la composición corporal, particularmente la MCLG derivada del enriquecimiento isotópico mostrado en la

tabla III y IV, no se encontraron diferencias significativas en los valores promedios de ACT, la masa grasa y la MCLG obtenidos a los tiempos 3.6h y 2.9h en el grupo de IMC ≥ 25 ni a las 3.6h y 2.8h en el grupo de IMC ≥ 30 kg/m² (Tablas V y VI).

Discusión

En el presente trabajo se determinó el tiempo de equilibrio del deuterio en mujeres mayores de 60 años con IMC normal, sobrepeso y obesidad de la ciudad de Hermosillo, Sonora, Estado al Noroeste de México y al mismo tiempo se exploró el efecto de la adiposidad sobre las concentraciones del enriquecimiento isotópico a los diferentes tiempos de equilibrio. Finalmente, se exploró si el cálculo del ACT y su derivado, la MCLG pudiese verse afectado por las concentraciones a los diferentes tiempos. Actualmente, se tiene muy poca información sobre el tiempo de equilibrio de ²H₂O y sus implicaciones en adultos mayores con sobrepeso y

Tabla III

Comparación del plateau obtenido a las 2.9 horas respecto al enriquecimiento obtenido a las 3.6 horas promedio en mujeres con sobrepeso

Variable	No. Sujetos y valor promedio	Plateau 2.9 horas	Enriquecimiento a las 3.6 horas	Valor-p
Enriquecimiento (ppm)	1	1045.5	1037.4	0.923
	2	1069.5	1062	
	3	1038.9	1038.9	
	4	898.5	918.4	
	5	1078.8	1069.8	
	6	1057.1	1059.1	
Promedio*		1031.4 ± 66.8	1030.9 ± 56.6	

*Los valores se expresan en media ± desviación estándar.

Tabla IV

Comparación del plateau obtenido a las 2.8 horas respecto al enriquecimiento obtenido a las 3.6 horas promedio en mujeres con obesidad

Variable	No. Sujetos y valor promedio	Plateau 2.8 horas	Enriquecimiento a las 3.6 horas	Valor-p
Enriquecimiento, ppm	1	1255.6	1246.1	0.512
	2	844.3	854.5	
	3	993.7	994.4	
	4	960.6	960.6	
	5	1052.6	1043.1	
	6	761.7	756.8	
Promedio*		978.1 ± 172	975.9 ± 167.8	

*Los valores se expresan en media ± desviación estándar.

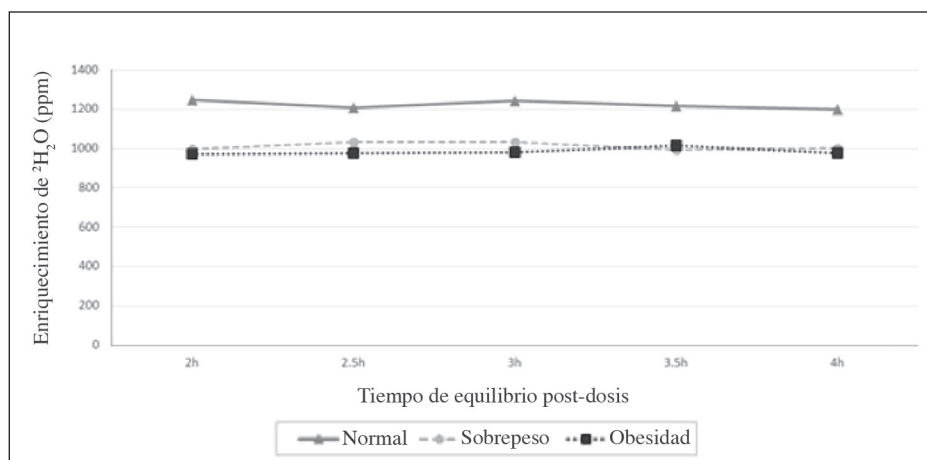


Fig. 1.—Enriquecimiento de deuterio promedio en partes por millón (ppm) de muestras de saliva de mujeres mayores de 60 años vs tiempo de equilibrio del deuterio ($^2\text{H}_2\text{O}$) a las diferentes horas post-dosis, por grupo de IMC. n=18

Tabla V

ACT y composición corporal obtenida en el plateau (2.9 horas) y a las 3.6 horas en el grupo de sobrepeso

Variables	2.9h	3.6h	Valor-p
ACT (L)	28.3 ± 2.1	28.3 ± 1.8	0.904
MCLG (kg)	38.6 ± 2.9	38.6 ± 2.4	0.824
MG (kg)	26.3 ± 3.6	26.3 ± 3.7	0.855

Los valores se expresan en media ± desviación estándar.

ACT= Agua Corporal Total

MCLG= Masa Corporal Libre de Grasa

MG= Masa Grasa

Tabla VI

ACT y composición corporal obtenida en el plateau (2.8 horas) y a las 3.6 horas en el grupo de obesidad

Variables	2.8h	3.6h	Valor-p
ACT (L)	30.5 ± 5.2	30.6 ± 5.2	0.686
MCLG (kg)	41.7 ± 7.2	41.8 ± 7.1	0.738
MG (kg)	40.7 ± 9.5	40.6 ± 9.4	0.738

Los valores se expresan en media ± desviación estándar.

ACT= Agua Corporal Total

MCLG= Masa Corporal Libre de Grasa

MG= Masa Grasa

obesidad, utilizando muestras de saliva analizadas por la técnica espectrometría infrarroja. Esta técnica se ha validado con la espectrometría de masas de relación isotópica y no se ha observado diferencias significativas entre muestras de saliva enriquecidas con deuterio analizadas con ambos métodos²³. Además es de menor costo, requiere menos capacitación técnica y es de fácil operación⁵.

De acuerdo a los hallazgos en este estudio, se observó un tiempo de equilibrio promedio de 2.9 y 2.8 horas en las mujeres con sobrepeso y obesidad, respectivamente y el cual fue diferente al encontrado en las mujeres de IMC normal. Es importante señalar que el valor promedio encontrado en la muestra total (3.1h) es

muy similar al tiempo mencionado por Coward *et al.*²⁴ y reportado por Lukaski y Johnson¹³ de 2 a 3 horas en muestras de saliva. Esta similitud en el tiempo de equilibrio reportado y logrado en este estudio puede deberse al efecto compensatorio del envejecimiento sobre la tasa de recambio de agua. Se reconoce que el recambio de agua en hombres y mujeres entre 70 y 79 años es menor, mientras que en mujeres adultas con obesidad es mayor⁸. El recambio de agua durante el envejecimiento, se puede afectar debido a la disminución del consumo de agua en adultos mayores²⁵, la pérdida del ACT y pérdida de la homeostasis renal⁶. Mientras que el recambio de agua en la obesidad es mayor²⁴ y esto posiblemente se deba a una mayor ingestión calórica

en general. Hoy en día, no se sabe si el envejecimiento o la obesidad generan un efecto compensatorio en el recambio de agua y a nuestro conocimiento no encontramos evidencias publicadas al respecto.

Con respecto al tiempo de equilibrio en el grupo etario de interés (>60 años), Albala *et al.*¹⁴ en un estudio realizado en 23 hombres y 24 mujeres mayores de 60 años con un IMC promedio de 25.7 kg/m², encontraron un tiempo de equilibrio de 3.5 horas, el cual es similar al promedio encontrado en la muestra de IMC normal en este estudio (3.6 horas). Sin embargo, el tiempo de equilibrio de la muestra total encontrado en este estudio es menor (3.1 horas) y quizá esta diferencia se deba a que el IMC promedio de nuestra muestra fue de 27.7 kg/m². Finalmente en el estudio de Albala *et al.*¹⁴ no se evaluó el efecto de la adiposidad sobre el tiempo de equilibrio y el recambio de agua.

En este estudio los tiempos de equilibrio alcanzados fueron de 3.6 horas, 2.9 horas y 2.8 horas en las mujeres de IMC normal, sobrepeso y obesidad, respectivamente. Los tiempos de equilibrio y las concentraciones del enriquecimiento fueron diferentes en las mujeres con obesidad, respecto a las mujeres de estado nutricional normal ($p < 0.05$). Sin embargo, los valores promedios calculados del ACT, MG y la MCLG no mostraron diferencias estadísticas cuando se calcularon (dentro de cada grupo de IMC) con las concentraciones del enriquecimiento a las 3.6 o a las 2.9 horas en el caso de las mujeres con sobrepeso ni a las 3.6 o las 2.8 horas en el caso de las mujeres con obesidad ($p > 0.05$). Lukaski y Johnson¹³ previamente en una muestra de jóvenes en donde se incluyó a dos hombres con 30 % de grasa corporal (sobrepeso), concluyeron que la adiposidad no afectaba el tiempo de equilibrio.

Posiblemente el hallazgo en este estudio esté relacionado con el hecho que eran mujeres sin patologías que alteraran la cinética del deuterio en el agua corporal y la fortaleza del método isotópico, expresado en los valores del enriquecimiento isotópico obtenido en las muestras de saliva post-dosis o a los diferentes tiempos en las mujeres participantes (Fig. 1). Este comportamiento del enriquecimiento isotópico mostrado en la figura 1 parece no verse afectado por la adiposidad. La implicación práctica de este hallazgo para las mujeres con sobrepeso y obesidad es que se evita el ayuno prolongado, al tomar la muestra de saliva a las 2.8 o 2.9 horas podemos estimar la composición corporal de manera confiable.

Limitaciones del estudio

En este estudio piloto solo se tomaron 18 mujeres, lo que se considera que es una muestra pequeña y solo se hizo en mujeres. Sin embargo, por los valores de la significancia p encontrados en la tabla III y IV ($p = 0.923$ y $p = 0.512$, respectivamente), la n parece no ser una limitante, para la aplicación de los resultados. Una de las principales limitantes es que

en este estudio no se midió la tasa de recambio de agua de las participantes, lo que limita la explicación de nuestros resultados encontrados en los tiempos de equilibrio. Por ello, se recomienda que en los estudios futuros se formulen nuevas hipótesis sobre el efecto compensatorio del envejecimiento y obesidad sobre el recambio de agua en la población de adultos mayores. Finalmente, en este estudio se incluyó solo una mujer con obesidad mórbida. Por lo que sería interesante evaluar el efecto de la obesidad mórbida y envejecimiento sobre la tasa de recambio de agua y el tiempo de equilibrio.

Conclusiones

La meseta o tiempo de equilibrio del enriquecimiento de deuterio alcanzado en el cuerpo, se vio alterado de manera significativa por la condición de tener obesidad, ya que del grupo de IMC con obesidad se obtuvo un promedio de 2.8 horas respecto al tiempo promedio de 3.6 horas en el grupo de IMC normal. Sin embargo, el tomar las muestras de manera indistinta, en las mujeres con sobrepeso y obesidad a las 3.6 horas o a la hora de la meseta en el grupo de sobrepeso y obesidad, los resultados del ACT y la composición corporal no se vieron afectados de manera significativa. La gran ventaja práctica que se desprende de este hallazgo es que la muestra se puede tomar a las 2.8 ó 2.9 horas, evitando el ayuno prolongado de 3.5 o 4 horas, lo que no es conveniente especialmente en personas de tercera edad.

Agradecimientos

El presente artículo no presenta conflictos de intereses de tipo económico con instituciones, organizaciones u autores. Agradecemos a los voluntarios por su tiempo y disposición de participar en el estudio. Asimismo, a CONACYT (CB-2013-01/00000000221664) por el financiamiento derivado para este protocolo.

Referencias

1. Schoeller DA. Hydrometry. In Heymsfield SB, Lohman TG, Wang ZM, Going SB, editors. Human Body Composition. USA: Human Kinetics; 2005. P 35-49.
2. Pace N, Rathburn EN. Studies on body composition. III: the body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. *J Biol Chem* 1945;158:685-91.
3. Schoeller DA. Changes in total body water with age. *Am J Clin Nutr* 1989;50:1176-81.
4. Ritz P. Body water spaces and cellular hydration during healthy aging. *Ann NY Acad Sci* 2000;904:474-83.
5. OIEA: Introducción a la determinación de la composición corporal mediante la técnica de dilución de deuterio con análisis de muestras de saliva por espectrometría infrarroja por transformada de Fourier. Austria: Sección editorial del OIEA, dependencia de mercadotecnia y venta, Organismo Internacional de Energía Atómica; 2013. P 2-54.

6. EFSA: Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for water. *EFSA Journal* 2010;8(3):1459.
7. Shimamoto H, Komiya S. The turnover of body water as an index of health. *J Physiol Anthropol* 2000;90:207-212
8. Raman A, Schoeller DA, Subar AF, et al. Water turnover in 458 American adults 40–79 yr of age. *Am J Physiol Renal Physiol* 2004;286:F394-F401.
9. Salazar G, Díaz E, Barrera MG, Vásquez L, Prentice A. Análisis de la composición corporal en la obesidad. En Albala C, Kain J, Burrows R, Díaz E, editores. *Obesidad: un desafío pendiente*. Chile. Editorial Universitaria:-2000. P 240-54.
10. Marti LÁ, Martínez FE, Ferriolli E, et al. Deuterium Equilibrium Time in Saliva of Newborn Infants. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2009;48:471-474.
11. Salazar G, Infante C, Vio F. Deuterium equilibration time in infant's body water. *Eur J Clin Nutr* 1994;48:475-481.
12. Salazar R G, Rocha A MA, Mardones S F. ¿Es útil la antropometría para estimar la composición corporal en niños preescolares? *Rev Chil Pediatr* 2003;74:37-45.
13. Lukaski HC, Johnson PE. A simple, inexpensive method of determining total body water using a tracer dose of D20 and infrared absorption of biological fluids. *Am J Clin Nutr* 1985;41:363-370.
14. Albala C, Yáñez M, Salazar G, Vio F. Body composition in the elderly: Total body water and anthropometry. *Nutrition Research* 1994;14:1797-1809.
15. WHO. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation presented at: the WHO; June 3-5. WHO: Geneva; 1997.
16. Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados nacionales (National Health and Nutrition Survey 2010): Cuernavaca; 2012.
17. Prentice AM, Black AE, Coward WA, et al. High levels of energy expenditure in obese women. *BMJ* 1986;292:983-987.
18. Jelliffe TDB, Jelliffe EFP. *Community Nutritional Assessment: With Special Reference to Less Technically Developed Countries*. England: Oxford University Press:-1989. 610p
19. Fjeld CR, Brown KH, Schoeller DA. Validation of the deuterium oxide method for measuring average daily milk intake in infants. *Am J Clin Nutr* 1988;48:671-679.
20. Schoeller DA, Colligan AS, Shriver T, Avak H, Bartok-Olson C. Use of an automated chromium reduction system for hydrogen isotope ratio analysis of physiological fluids applied to doubly labeled water analysis. *J Mass Spectrom*. 2000;35:1128-1132.
21. Blanc S, Colligan AS, Trabulsi J, Harris T, Everhart JE, Bauer D, Schoeller DA. Influence of delayed isotopic equilibration in urine on the accuracy of the 2H2 18O method in the elderly. *J Appl Physiol* 2002;92(3):1036-1044.
22. Schoeller DA, Van Santen E, Peterson D, Dietz W, Jaspán J, Klein PD. Total body water measurement in humans with ¹⁸O and ²H labelled water. *Am J Clin Nutr* 1980;33:2686-2693.
23. Jennings G, Bluck L, Wright A, Elia M. The use of infrared spectrophotometry for measuring body water spaces. *Clin Chem* 1999;45:1077-81.
24. Coward, WA, Parkinson SA, Murgatroyd PR. Body composition measurements for nutrition research. *Nutr Res Rev* 1988;1(1):115-124.
25. Kenney WL, CHIU P. Influence of age on thirst and fluid intake. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1524-1532.