



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE MEDICINA  
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
“CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI”  
HOSPITAL DE PEDIATRÍA

**“CORRELACIÓN ENTRE EL AGUA CORPORAL TOTAL MEDIDA POR  
BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA Y BIOIMPEDANCIA ESPECTROSCÓPICA EN  
NIÑOS CON DIÁLISIS PERITONEAL Y HEMODIÁLISIS”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
ESPECIALISTA EN NEFROLOGÍA PEDIÁTRICA

PRESENTA: DR FRANCISCO SALAZAR MARTÍNEZ

ASESORES:  
DRA. MARÍA ALEJANDRA AGUILAR KITSU  
DR. MIGUEL ANGEL VILLASIS KEEVER  
MC LOURDES BARBOSA CORTÉS

MÉXICO, D.F. FEBRERO 2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## RESUMEN

**Título:** "Correlación entre el agua corporal total medida por bioimpedancia eléctrica y bioimpedancia espectroscópica en niños con diálisis peritoneal y hemodiálisis del Hospital de Pediatría del CMN Siglo XXI"

**Autores:** Dra. María Alejandra Aguilar Kitsu, Dr. Francisco Salazar Martínez R6 Nefrología, Dr. Miguel Angel Villasis Keever, MC Lourdes Cortés Barbosa.

**Introducción.** La enfermedad renal crónica constituye un problema de salud pública, siendo su manifestación más grave la insuficiencia renal crónica terminal (IRCT). Para determinar si los pacientes en diálisis peritoneal (DP) y hemodiálisis (HD) tienen adecuada sustitución de la función renal, se utiliza principalmente la depuración semanal de urea o Kt/V de urea y para su estimación se necesita el cálculo del agua corporal total (ACT). Asimismo, la determinación del ACT en casos de sobrecarga hídrica es importante porque puede haber complicaciones cardiovasculares, como: hipertensión arterial, hipertrofia de ventrículo izquierdo, insuficiencia cardíaca congestiva, cardiopatía isquémica y arritmias.

El estándar de oro para la medición del ACT es la técnica de dilución isotópica con deuterio, sin embargo no está disponible. La bioimpedancia espectroscópica (BIS) es un método no invasivo para la estimación de la composición corporal y del ACT y ha sido utilizada en adultos, no obstante es un método poco disponible en medios hospitalarios; en Pediatría existen pocos estudios. Por su parte, la bioimpedancia eléctrica (BIE) en la actualidad es un método más accesible en diferentes niveles de atención y se ha demostrado que mide de manera confiable el ACT pero la información en pacientes pediátricos con ERC estadio 5 es muy limitada.

**Objetivos.** Determinar la correlación de la cuantificación del ACT de niños en diálisis peritoneal y hemodiálisis medida por bioimpedancia espectroscópica y por bioimpedancia eléctrica.

**Pacientes materiales y métodos.** Estudio transversal, prospectivo y comparativo, con pacientes pediátricos mayores de 6 años de edad, con IRCT en diálisis peritoneal o hemodiálisis en control en el servicio de Nefrología del Hospital de Pediatría del CMN Siglo XXI, y cuyos padres aceptaron la participación en el estudio. Se programó una cita para registrar signos vitales y se realizó la medición del ACT con BIE con el dispositivo Body Composition Monitor modelo BC-558, Marca Tanita. Posteriormente se midió el ACT con BIS con el aparato BCM, Body Composition Monitor (Fresenius Medical Care), con el paciente en posición supina. Los pacientes en DP fueron evaluados en un lapso no mayor a 120 minutos posteriores al término de su terapia; para los pacientes en HD las mediciones se realizaron dentro de los siguientes 90 minutos. *Tamaño de muestra:* 14 pacientes en DP y 14 en HD. *Análisis estadístico:* La correlación de los valores del ACT entre los dos métodos fue mediante el coeficiente de correlación o rho-Spearman.

**Resultados:** En los 28 pacientes los valores obtenidos de la medición del ACT por BIE y BIS fueron similares: con BIE la mediana fue de 19.4 L (9.1 - 31.5 L) y con BIS, 21.2 L (8.6 - 37.4 L) registrada por BIS. Sin embargo, al analizar paciente por paciente se determinó que en ninguno la medición fue igual; en 22 pacientes (78.4%) la BIE se sobreestimó el ACT medida por BIS con una diferencia que varió de 0.3 - 8.5 L; con una diferencia de 0.3 - 0.7 L, lo cual corresponde a una diferencia porcentual de 3.1 -5.8%. Al analizar respecto al IMC, BIE sobreestima el ACT cuando este es mayor de 15 kg/m<sup>2</sup>; no observando diferencia respecto a la modalidad de tratamiento, ni respecto al tiempo de evolución del mismo, sin embargo la diferencia en la medición entre uno y otro método es menor en el grupo con < 1 año y de ellos menor en pacientes en hemodiálisis.

**Conclusión:** En niños con diálisis peritoneal y hemodiálisis la medición del ACT con BIS y BIE tienen muy buena correlación, con una  $r = 0.94$ , sin embargo, sin embargo al analizar los casos en forma individual las diferencias son de hasta 8.5 L, lo cual limita su uso en forma independiente para toma de decisiones en la práctica clínica.

## **ANTECEDENTES**

La enfermedad renal crónica (ERC) constituye un problema de salud pública, siendo su manifestación más grave la insuficiencia renal crónica terminal (IRCT). La National Kidney Foundation (NKF) ha propuesto a través de las guías de práctica clínica K/DOQI (Kidney Disease Outcomes Quality Initiative) una definición y clasificación de la ERC con el fin de unificar criterios y facilitar el diagnóstico de la enfermedad (1).

Se define ERC como la presencia de daño renal que se manifiesta por excreción anormal de creatinina o disminución de la función renal, determinada por la tasa de filtrado glomerular (TFG), con una duración mayor a 3 meses. Cuando la TFG es menor a  $15 \text{ ml/min/1.73m}^2\text{SC}$  se considera que se encuentra en estadio 5, requiriendo el paciente inicio de terapia sustitutiva de la función renal mediante hemodiálisis o diálisis peritoneal. La primera hace la depuración extracorpórea de las sustancias de desecho mediante el uso de un filtro sintético por la sangre; mientras que en la segunda, la depuración de sustancias tóxicas mediante el peritoneo (2).

La incidencia de niños con ERC estadio 5, se reporta en 9 por cada millón del total de la población infantil, siendo mayor en niños entre 10 y 15 años (3). En los Estados Unidos de Norteamérica (EUA) se considera que alrededor del 50% de las causas de ERC son por anomalías congénitas y el resto por condiciones hereditarias, glomerulopatías o enfermedades sistémicas (4). En los niños, el descenso de la función renal se acompaña de pérdida de proteínas, alteraciones hormonales y metabólicas que conducen al paciente a aumento del gasto energético y aceleración del metabolismo proteico, reduciendo la masa muscular (5,6). Asimismo, estas alteraciones pueden ocasionar mediciones inexactas del peso corporal y del agua corporal (7).

### **Evaluación de calidad de los procedimientos dialíticos**

Para determinar que los pacientes en diálisis o en hemodiálisis tienen una adecuada sustitución de la función renal, la medida más utilizada es la depuración semanal de urea o Kt/V de urea. El concepto de Kt/V o dosis dialítica no se ha asociado a la mortalidad en pacientes en terapia sustitutiva de la función renal, excepto cuando su valor es extremadamente bajo, según se observó en el estudio ADEMEX (8); sin embargo las guías K/DOQI en adultos recomiendan un valor de K/tv mínimo de 1.7

L/ semana, para considerar adecuada la terapia sustitutiva. En niños los valores de K/tV no se han relacionado con la mortalidad, no obstante, las guías K/DOQI establecen como meta terapéutica un valor de K/tV igual o mayor a 1.8 L/ semana. La fórmula para estimar el Kt/V es la siguiente (9):

**Kt/V urea** (semanal) =  $(K_p + K_r) \times t/V$ , donde:

**K<sub>p</sub>** = Aclaramiento peritoneal de urea, expresado en litros/día.

**K<sub>r</sub>** = Aclaramiento renal residual de urea, expresado en litros/día.

**t** = Tiempo, 7 días.

**V** = Volumen de distribución de urea en el agua corporal, se estima el 60% del peso corporal.

Se define como diálisis adecuada a la cantidad y calidad de diálisis requerida para que el paciente se encuentre bien, sin sintomatología urémica, con la mejor corrección posible de las alteraciones metabólicas y sistémicas relacionadas con la uremia. Cuando se logra tener una diálisis adecuada, entonces se espera que aumente la sobrevivencia del paciente, disminuya la morbilidad y los pacientes tengan una buena calidad de vida. En términos de ultrafiltración, diálisis óptima se define como la que permite lograr un ultrafiltrado de 1 lt/día, y de 1.5 lt/ día en pacientes anéfricos (10).

Como se comentó, parte de la estimación del Kt/V involucra el cálculo del agua corporal total (ACT). Para fines prácticos el valor que se considera habitualmente es del 60% del peso corporal (11), pero en pacientes con ERC estadio 5 es preferible disponer de un valor exacto, lo cual puede resultar problemático. En general, el valor del ACT puede estimarse de acuerdo con el estado de hidratación, como la ganancia de peso entre cada uno de los procedimientos de diálisis, por la presencia de hipertensión arterial, por episodios de hipotensión intradiálisis, o bien, por la presencia de edema. Esto último es un fenómeno relativamente tardío ya que no se detecta hasta que el líquido intersticial aumenta aproximadamente 30% por arriba de lo normal (12).

En las guías K/DOQI para determinar la adecuación de la terapia sustitutiva se recomienda que en niños el ACT se estime usando las fórmulas antropométricas (peso y talla) de Mellits y Cheek. Estas fórmulas se validaron al comparar los datos

recolectados de la medición del ACT por medio de dilución isotópica con Deuterio ( $D_2O^2H$ ). De esta forma, el ACT se estima con las siguientes fórmulas (13):

- a) Niños con talla < 132.7 cm:  $ACT = 0.465 \times \text{peso} + 0.045 \times \text{talla (cm.)} - 1927$ .
- b) Niños con talla > 132.7 cm:  $ACT = 0.406 \times \text{peso} + 0.209 \times \text{talla (cm.)} - 21,993$ .
- c) Niñas con talla < 110.8 cm:  $ACT = 0.507 \times \text{peso} + 0.013 \times \text{talla (cm.)} - 0.076$ .
- d) Niñas con talla > 110.8 cm:  $ACT = 0.252 \times \text{peso} + 0.154 \times \text{talla (cm.)} - 10,313$ .

La importancia de conocer el ACT en pacientes en diálisis radica en que la sobrecarga crónica de volumen está asociada con complicaciones cardiovasculares, tales como: hipertensión arterial, hipertrofia de ventrículo izquierdo, insuficiencia cardiaca congestiva, cardiopatía isquémica y arritmias. Por lo anterior, una meta de la terapia sustitutiva es alcanzar el “peso seco”, el cual está definido como: la cantidad mínima de peso corporal que el paciente puede tolerar sin desarrollar hipotensión intra o inter-dialítica u otros síntomas asociados a deshidratación (14).

#### **Métodos para determinar el ACT en pacientes con terapia sustitutiva renal**

El estándar de oro para la medición del ACT es la técnica de dilución isotópica con deuterio ( $^2H$ ), isótopo estable del hidrógeno que difiere del elemento original en el peso atómico, sin afectar sus propiedades químicas. Esta medición se basa en el principio de dilución del  $^2H$ , que difunde a través de todos los líquidos corporales y se mantienen en equilibrio en todos ellos. Por tanto la medición de cualquier fluido corporal (orina, plasma, leche, saliva, semen) es equivalente a su concentración en cualquier compartimento corporal. El ACT se estima, una vez que se ha administrado una dosis conocida de deuterio, previo a la colecta basal y post-dosis de cualquier fluido corporal. Los factores que pueden modificar su precisión son la cantidad del isótopo y el tiempo del periodo metabólico. La ventaja más importante de esta técnica es que no es invasiva, es fácil de coleccionar la muestra para la medición del enriquecimiento isotópico (por ejemplo orina-saliva), sin embargo, es de alto costo (15) y puede ser inexacta en enfermedades o condiciones que generen deshidratación o sobre-hidratación (16).

Aún cuando las guías K/DOQI recomiendan el uso de las fórmulas de Mellits y Cheek para el cálculo del ACT, en diferentes estudios se ha determinado que la estimación es imprecisa cuando se compara con la medición con Deuterio. En niños

esto también ha sido comprobado en estudio de pacientes pediátricos en diálisis peritoneal continua, llegando a observar que el valor obtenido de ACT con las fórmulas se subestima hasta en 18% (17-19).

Otro método para evaluar el ACT es por bioimpedancia eléctrica, el cual se fundamenta en la oposición de las células corporales y tejidos al paso de una corriente eléctrica. La validez de este método para estimar el ACT fue determinada en el estudio realizado por Beertema y col. quienes observaron una diferencia menor a 0.3 L del ACT entre lo obtenido por Deuterio que por bioimpedancia eléctrica en niños sanos (20). Sin embargo, se ha descrito que el cálculo de ACT por bioimpedancia en pacientes enfermos con desequilibrio hidroelectrolítico puede no ser tan exacto (21).

La combinación de la bioimpedancia eléctrica y la medición del diámetro de la vena cava inferior han sido introducidas como métodos no invasivos para la estimación del peso seco en adultos, guardando buena relación con el estado hídrico post-diálisis, pero mostrando relación solo en estados con elevada sobrehidratación pre-diálisis. Aunque no existen evaluaciones clínicas en niños que establezcan la relación entre ambos parámetros (22).

En cuanto a la técnica de absorciometría por rayos X de energía dual (DEXA), ésta permite observar más allá del peso corporal y el índice de masa corporal para determinar la distribución de la grasa corporal, sin embargo no es útil en casos de sobrehidratación por lo que no se considera apropiado para la evaluación del ACT (23).

Por otro lado, para medir el ACT también se ha utilizado la técnica de bioimpedancia vectorial (BIVA) en pacientes con ERC en hemodiálisis. Con esta técnica se establece el estado de hidratación mediante de manera semicuantitativa, basada en percentilas, con respecto a la distribución en individuos sanos (24). De esta forma, los vectores cortos por arriba de la centila 75 se asocian con incremento en la presión venosa central por lo que se considera como un estado de sobrehidratación. Mientras que con los vectores largos la relación es inversa. Estos valores se han asociado con los niveles de péptido natriurético cerebral, en particular con pacientes que tienen sobrecarga de volumen (25).

La bioimpedancia espectroscópica (BIS) es un método sencillo, no invasivo para la estimación de la composición corporal, la cual se usa para determinar la distribución compartamental del agua corporal en pacientes con hemodiálisis y diálisis peritoneal a partir de la diferencias medidas entre la conducción eléctrica a través del líquido intra y extracelular de acuerdo a la teoría de la suspensión celular, con lo que se logra la medición del líquido en ambos compartimentos y, por tanto, del ACT (21).

### **Bioimpedancia espectroscópica**

Siguiendo el principio de la impedancia, a una frecuencia por debajo de 1 kHz la corriente no penetra en la célula y solo circula en el agua extracelular (AEC) (21), mientras que a frecuencias mayores de 2 kHz la corriente penetra en ambos compartimentos, AEC y agua intracelular (AIC), permitiendo medirlos por separado, representando en conjunto el ACT que se comporta como una resistencia (26). La BIS usa la misma propiedad para calcular la resistencia del ACT al extrapolar la resistencia medida en varias frecuencias al lo largo de un círculo hasta el eje de la resistencia. Este método registra primero la resistencia del AEC ( $R_e$ ) extrapolando la impedancia medida a varias frecuencias hasta llegara 0 kHz y la resistencia del ACT extrapolada a una frecuencia infinita ( $R_{inf}$ ). La resistencia del AIC ( $R_i$ ) es deducida de la diferencia entre  $R_{inf}$  y  $R_e$ , asumiendo que el ACE y el AIC se comportan como resistencias paralelas, con una resistencia equivalente igual a  $R_{inf}$ . Este método también toma en cuenta el efecto de los tejidos no conductores embebidos en el AEC y AIC, los cuales incrementan su resistencia aparente usando la teoría de la mezcla de conductividad de Hanai, mediante el registro de volumen del AEC (VE). El volumen de AIC es calculado por una ecuación que considera  $R_e$  y  $R_i$  (21).

La técnica de BIS ofrece una alternativa para la cuantificación del volumen en los compartimentos corporales, pero con algunas limitaciones como el hecho que no se encuentra estandarizado para cuantificar los cambios en el volumen del AEC. Aunque, en pacientes con ERC estadio 5, esta dificultad se evita al realizar la medición 30 minutos después del tratamiento dialítico (26).

En adultos la BIS muestra ventajas sobre los métodos de dilución en términos de acceso y reproducibilidad. Este método se ha validado para conocer el estado de hidratación en sujetos sanos y en pacientes con alguna morbilidad, resultando con buena correlación ( $r = 0.91$  y  $0.98$ ) con los datos obtenidos con el método de dilución



isotópica, por lo que en la actualidad se reconoce que es un método adecuado para la determinación del volumen de líquido en pacientes con diferentes estados de salud y enfermedad, independientemente de la composición corporal (11,27).

Existen estudios que han evaluado BIS en pacientes con problemas renales. Por ejemplo, en uno realizado en España se evaluaron 145 pacientes con enfermedad renal crónica y en diálisis. Se observó que tanto los pacientes en hemodiálisis como en diálisis peritoneal tenían sobrehidratación, calculándose de  $1.39 \pm 1.5$  L y de  $1.28 \pm 1.9$ L, respectivamente, lo cual ocurrió en el 23% de los pacientes (14).

La utilidad de la BIS en pacientes con ERC estadio 5 ha sido publicado en diferentes estudios. En uno de ellos se evaluaron pacientes en hemodiálisis, en el cual con BIS multifrecuencia se demostró que una mínima proporción de pacientes con hipertensión tenían déficit de ACT, y que hasta un 10% de los normotensos tenían sobrehidratación (28).

En otro estudio con 160 pacientes en hemodiálisis, se determinó que mediante BIS el 25.6% de los pacientes considerados desde el punto de vista clínico con peso seco tenían sobrecarga de líquidos. Además, al comparar el BIS con las concentraciones de péptido natriurético cerebral y el diámetro de la vena cava inferior se determinó que estos dos últimos tenían menor sensibilidad que el BIS para identificar pacientes con problemas de sobrecarga de líquidos en los pacientes con hemodiálisis (29).

Al comparar la técnica de BIS corporal con la técnica tobillo-muñeca se ha determinado que la primera es menos sensible que la segunda para la medición de los diferentes estados de hidratación (30).

En otro estudio realizado en pacientes en hemodiálisis se encontró que este método no cuantificaba en forma precisa los cambios en el AEC, ya que subestimó la pérdida de peso por ultrafiltración neta y la ganancia de peso interdialítica. La variación respecto a lo reportado con otros estudios se atribuyó al momento en que se realizó la determinación, por lo cual se concluyó que el momento óptimo para realizar la BIS para hemodiálisis es entre 30 y 90 minutos post-hemodiálisis. En diálisis peritoneal no se ha descrito si el tiempo puede influir en los resultados (31).

En edad pediátrica, este método también ha sido evaluado pero existen pocos estudios y con resultados contradictorios. Por ejemplo, en individuos sanos en etapa

escolar se ha determinado que la medición del ACT entre BIS y el método de dilución isotópica tienen una buena correlación ( $r = 0.81-0.96$ ), valores similares a lo informado en paciente en hemodiálisis (11). Pero en otro estudio realizado en 12 pacientes pediátricos en diálisis peritoneal se determinó que mediante BIS sobreestima el ACT al compararse con las técnicas antropométricas; en los pacientes en pre-diálisis la sobreestimación fue hasta del 6.5% y posterior diálisis en hasta 0.8%. Los autores concluyen que (similar a lo documentado en pacientes adultos) es un método impreciso para evaluar las variaciones de volumen durante la diálisis (32).

### **La bioimpedancia eléctrica (BIE)**

Esta técnica se basa en la resistencia de un cuerpo a la corriente alterna, la masa libre de grasa contiene la mayor cantidad de fluido y electrolitos, siendo un buen conductor eléctrico, es decir, tiene baja impedancia, mientras que la masa grasa actúa como aislante es decir con alta impedancia. Ha sido utilizado para evaluar la composición corporal en niños y adolescentes sanos encontrando una correlación positiva con el método de dilución isotópica con Deuterio con una  $R = 0.87- 0.93$ , con una diferencia en la medición de  $1 \pm 0.6$  L. Se conoce también que además que la BIE es un método sencillo y no invasivo, puede estimar la distribución de líquidos en los compartimentos corporales incluyendo el líquido intracelular, extracelular y agua corporal total. Sin embargo, no puede diferenciar la cantidad del volumen intravascular del líquido extracelular, o los cambios en estos dos compartimentos (19).

Si bien las fórmulas utilizadas para el cálculo del ACT fueron desarrolladas en individuos sanos, se han utilizado en pacientes adultos con obesidad mórbida o en pacientes con cáncer de mama, observando una buena correlación (33). En particular en pacientes con insuficiencia renal, a la fecha se han realizado algunos estudios donde se ha evaluado la BIE como método para cuantificar el ACT. En un estudio realizado en 24 pacientes adultos con hemodiálisis crónica, se realizó la medición de la BIE y BIS antes de la sesión de tratamiento y cada hora posterior al inicio de la misma se observó que el líquido es removido de ambos compartimentos, intra y extracelular, con predominio del extracelular 56% al término de la sesión (34).

En los estudios en los que se ha utilizado la BIE para estimar el “peso seco” en pacientes adultos en hemodiálisis se ha determinado que la evaluación de la medición debe realizarse dentro de los primeros 120 minutos posteriores a la sesión de tratamiento, debido a que la resistencia se mantiene constante (34,35,36,37,38). En un estudio comparativo entre BIE y BIS realizado en 45 pacientes adultos en hemodiálisis se observó que había una diferencia desde 300 gramos hasta de 1.0 kg en el peso seco entre ambos métodos; por lo que los autores recomiendan para mejorar la precisión del cálculo de la ACT mediante BIE, realizar una corrección de la medición tomando en cuenta la talla y la edad, utilizando las siguientes fórmulas (35):

- Hombres:  $\text{Peso seco} = [(0.008995 \times \text{edad}) - (0.01116 \times \text{Resistencia}) + (0.871078 \times \text{talla}) - 75.55197] \times \text{IMC post-hemodiálisis} / 23.1.$
- Mujeres:  $\text{Peso seco} = [-(0.01389 \times \text{Resistencia}) + (0.062956 \times \text{talla}) - 0.36.31924] \times \text{IMC post-hemodiálisis} / 21.7.$

En otro estudio para evaluar la capacidad de la BIE para estimar el ACT en el seguimiento de los pacientes adultos en hemodiálisis, se comparó el KtV (calculado por la fórmula de Daugirdas), el método mono-compartamental, el KtV de la sesión (calculado por el monitor con lector de dializancia iónica de la máquina de hemodiálisis) y el calculado a partir por BIE. Se determinó una correlación positiva entre el estimado por BIE y el obtenido por la fórmula de Daugirdas ( $r = 0.88$ ), ya que con el primero el KtV el promedio fue de 1.29 L/sem. vs 1.36 L/sem., del segundo. La correlación fue menor al comparar BIE con el método mono-compartamental ( $r = 0.65$ ), siendo el promedio del comparador de 1.49 L/sem. Pero la correlación fue mejor del BIE con el estimado por el lector de dializancia ( $r = 0.92$ ), 1.29 L/sem. vs 1.32 L/sem. Con base en lo anterior se determinó que el ACT estimada por BIE permite calcular el KtV con un alto grado de concordancia, por lo que los autores recomiendan utilizarlo en la práctica clínica para el seguimiento de los pacientes (36).

En el único estudio realizado en pacientes pediátricos con ERC estadio 5 se realizó en 14 niños en diálisis peritoneal en quienes se comparó la estimación del ACT por BIE y por el método de dilución isotópica con Deuterio, se encontró que con este último había una diferencia de entre 1.45 L a 6.24 L, lo cual podría explicarse por la

edad de los pacientes, por lo que los autores recomiendan realizar mayores estudios para determinar su verdadera utilidad (37).

Un dato interesante que se observó en un estudio con 59 pacientes adultos en hemodiálisis, en el cual se correlaciona la medición de ACT por BIE y por el método de dilución isotópica, fue que los pacientes con mayor tiempo de evolución en terapia sustitutiva la correlación entre los dos métodos disminuye. En los pacientes con menos de 12 meses la correlación fue de  $r = 0.84$ , mientras que en el grupo de pacientes con más de 12 meses la correlación fue de  $r = 0.40$  (38).

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Para el seguimiento de los pacientes con hemodiálisis y diálisis peritoneal se utiliza el KtV con el fin de evaluar adecuaciones en la dosis de diálisis. Las guías KDOQI recomiendan para el cálculo del agua corporal total el uso de las fórmulas de Mellits-Cheek, las cuales consideran el peso corporal; sin embargo, considerando las alteraciones en la constitución corporal con las que cursan estos pacientes, este no parece ser un método confiable.

Ya que en la práctica clínica no se tiene fácil acceso a isótopos estables para dilución (estándar de oro para la medición del agua corporal total), actualmente en adultos se utiliza la bioimpedancia espectroscópica, que ha demostrado tener una buena correlación con las mediciones realizadas por dilución isotópica. Pero también se ha descrito el uso de la bioimpedancia eléctrica para la medición del agua corporal total en adultos, reportándose como un método útil y seguro, sin embargo, se ha observado que algunos factores como la duración de la terapia de sustitución modifican su precisión. La medición del ACT por medio de bioimpedancia eléctrica en niños con ERC estadio 5 es un tema muy poco explorado, por lo que surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la correlación de la cuantificación del agua corporal total en pacientes pediátricos con diálisis peritoneal y hemodiálisis medida por bioimpedancia eléctrica y por bioimpedancia espectroscópica?

## **JUSTIFICACIÓN**

En pacientes en programa de diálisis peritoneal o hemodiálisis, la medición del agua corporal total es un indicador necesario para la estimación de la depuración de urea, para determinar si la terapia sustitutiva de la función renal es adecuada; sin embargo, el estándar de oro para su cuantificación es la técnica de dilución isotópica, el cual no es factible utilizarlo en la práctica clínica habitual.

A pesar de lo anterior, la técnica de bioimpedancia espectroscópica ha sido ampliamente utilizada en adultos ya que se ha demostrado una muy buena correlación con la técnica de dilución isotópica, no obstante también es un método que no está disponible en todos los medios hospitalarios.

En el caso de la bioimpedancia eléctrica se basa en una estimación cuantitativa de la cantidad de agua corporal a partir del porcentaje que esta representa en el peso de un individuo, tiene como ventajas sobre los métodos previos ser un método de fácil realización, el cual en los últimos años cada vez se tiene más acceso. Hasta ahora, en diferentes estudios se ha observado que la bioimpedancia eléctrica puede ser un método que estima el agua corporal en valores muy similares obtenidos por bioimpedancia espectroscópica; sin embargo, en la literatura consultada solo encontramos un estudio realizado en pacientes pediátricos con ERC estadio 5 en diálisis peritoneal, por lo que no es claro si en estos pacientes se puede utilizar en la práctica clínica. De ahí que, si los resultados de este estudio determinan que la medición del agua corporal total obtenida por bioimpedancia eléctrica es similar a la medida por bioimpedancia espectroscópica se podrá utilizar en forma rutinaria como parte de la evaluación de la sustitución de la función renal en los pacientes con diálisis peritoneal y hemodiálisis de nuestro hospital.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la correlación de la cuantificación del agua corporal total de niños en diálisis peritoneal y hemodiálisis medida por bioimpedancia espectroscópica y por bioimpedancia eléctrica.

### **Objetivos específicos**

1. Estimar la cantidad de agua corporal total de pacientes pediátricos con diálisis peritoneal y hemodiálisis mediante bioimpedancia espectroscópica.
2. Estimar la cantidad de agua corporal total de pacientes pediátricos con diálisis peritoneal y hemodiálisis mediante bioimpedancia eléctrica.
3. Comparar la diferencia de la cantidad de ACT de lo obtenido por bioimpedancia espectroscópica y por bioimpedancia eléctrica.

## **HIPÓTESIS GENERAL**

En niños con diálisis peritoneal y hemodiálisis existe una buena correlación ( $r \geq 0.7$ ), de la cuantificación del agua corporal total medida por bioimpedancia espectroscópica y la medida por bioimpedancia eléctrica.



## **SUJETOS, MATERIALES Y MÉTODOS**

**Lugar donde se realizó el estudio.** Servicio de Nefrología de la UMAE Hospital de Pediatría de Centro Médico Nacional Siglo XXI, en el periodo comprendido de Octubre a noviembre de 2012.

**Tipo de diseño.** Observacional, transversal, prospectivo y comparativo.

**Población de estudio.** Pacientes pediátricos con enfermedad renal crónica estadio 5 en diálisis peritoneal o hemodiálisis.

### **Criterios de selección**

#### Criterios de inclusión:

- Pacientes de ambos sexos.
- Con edad comprendida de 6 a 16 años 10 meses.
- Con diagnóstico de enfermedad renal crónica estadio 5.
- En programa de diálisis peritoneal o hemodiálisis.
- Tener consentimiento de sus padres para participar en el estudio.

#### Criterios de exclusión:

- Pacientes en hemodiálisis pero que las sesiones de tratamiento se realicen fuera del Hospital de Pediatría de Centro Médico Nacional Siglo XXI.
- Pacientes con alguna contraindicación para realizar las mediciones (por ejemplo, pacientes con marcapasos o con implantes metálicos en extremidades).
- Pacientes con amputación de algún miembro pélvico o torácico.
- Haber ingerido bebidas alcohólicas 48 h previas a la medición.
- Estatura menor a 1 metro.

#### Criterios de eliminación:

- Pacientes que no completen alguna de las dos mediciones, de bioimpedancia espectroscópica o de bioimpedancia eléctrica.

**Tamaño de la muestra:** se calculó con el paquete estadístico EpiDat 3.1, considerando una correlación 0.70 con un intervalo de confianza al 95%, obteniendo un resultado de 14 pacientes para un poder del 90%. El número de pacientes a evaluar será de 14 pacientes en diálisis y 14 en hemodiálisis.

**Tipo de muestreo.** No probabilístico, de casos consecutivos, conforme vayan cumpliendo los criterios de selección; en la actualidad 33 pacientes se encuentran en terapia sustitutiva con diálisis peritoneal y 21 con hemodiálisis.

## **VARIABLES**

### **Variables dependientes**

- Agua corporal total medida por bioimpedancia eléctrica.
- Agua corporal total medida por bioimpedancia espectroscópica.

### **Variables de confusión**

- Tipo de terapia de sustitución renal.
- Tiempo en diálisis peritoneal o hemodiálisis.
- Índice de masa corporal

### **Variables universales**

- Edad
- Sexo
- Tensión arterial
- Causa de la ERC
- Kt/V
- Urea

## Definición operacional de las variables

NOMBRE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORIAS
<b>AGUA CORPORAL TOTAL MEDIDA POR BIS</b>	Volumen de agua, intra y extracelular, medido por el uso del dispositivo Body Composition monitor (Fresenius Medical Care). <sup>30</sup>	Cuantitativa Continua	Litros
<b>AGUA CORPORAL TOTAL MEDIDA POR BIE</b>	Volumen de agua que constituye a un individuo, obtenido por multiplicar el peso corporal por el porcentaje de agua corporal medido mediante el uso del dispositivo Body composition monitor modelo BC-558 Tanita Ironman TM, expresándose dicho producto en litros <sup>9</sup>	Cuantitativa Continua	Litros
<b>TIEMPO EN DIÁLISIS PERITONEAL O HEMODIÁLISIS</b>	Tiempo transcurrido desde la primera sesión de hemodiálisis o diálisis peritoneal hasta la fecha en que se realiza el estudio.	Cuantitativa Continua	Meses
<b>INDICE DE MASA CORPORAL</b>	Medida antropométrica donde se relaciona el peso con la talla de un individuo. Estimada por la fórmula $IMC = \text{peso}/\text{talla}^2$	Cuantitativa Continua	Kg/m <sup>2</sup>
<b>TERAPIA DE SUSTITUCIÓN RENAL</b>	De acuerdo a las características del paciente y enfermedad que causó la necesidad de la terapia de sustitución.	Cualitativa- Nominal Dicotómica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diálisis peritoneal</li> <li>• Hemodiálisis</li> </ul>
<b>EDAD</b>	Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta la fecha en que se realiza el estudio.	Cuantitativa Continua	Meses
<b>SEXO</b>	Características biológicas que definen a un ser humano como hombre o mujer.	Cualitativa Nominal dicotómica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Femenino</li> <li>• Masculino</li> </ul>
<b>TENSIÓN ARTERIAL</b>	De acuerdo con las cifras de tensión arterial, se utilizará la siguiente clasificación: Normal: Tensión arterial sistólica y diastólica en percentila 50 y < percentila 90 para edad, sexo y talla. Pre-hipertensión: Tensión arterial sistólica o diastólica en percentila 90 pero < percentila 95 para edad, sexo y talla. Hipertensión estadio I: Tensión arterial sistólica o diastólica en percentila 95 hasta < 5mmHg por arriba de la percentila 99 para edad, talla y sexo. Hipertensión estadio II: Tensión arterial sistólica o diastólica > 5 mmHg percentila 99 para edad, talla y sexo (9).	Cualitativa Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normal</li> <li>• Pre-hipertensión</li> <li>• Estadio I</li> <li>• Estadio II</li> </ul>
<b>CAUSA DE LA ERC</b>	Enfermedad que originó que el paciente requiriera hemodiálisis o diálisis peritoneal.	Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hereditaria</li> <li>• Glomerulopatía</li> <li>• Uropatía</li> <li>• Enfermedad sistémica</li> </ul>

NOMBRE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORIAS
<b>Kt/v</b>	Determinación de la depuración semanal de urea, estimada mediante la fórmula: $Kt/v = \text{Aclaración total de urea} \times \text{tiempo/volumen de distribución de urea}$ .	Cuantitativa Continua	Litros/semana
<b>Urea</b>	Determinación de los niveles séricos de urea, estimada con el método enzimático.	Cuantitativa Continua	mg/dL

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

1. Los pacientes en terapia sustitutiva de la función renal con diálisis peritoneal y hemodiálisis fueron identificados a partir de su asistencia a la consulta externa del Servicio de Nefrología del Hospital de Pediatría del CMN S XXI. Una vez reconocido, se procedió a explicar y solicitar a los padres y al niño la participación mediante la firma de consentimiento informado.
2. Se programó una cita para los pacientes seleccionados. Como parte del monitoreo en estos pacientes, se registró el peso, la estatura, los signos vitales (frecuencia cardíaca y tensión arterial) y la medición del agua corporal total que se realizó mediante bioimpedancia eléctrica y bioimpedancia espectroscópica; el primero fue supervisado por la M.C. Lourdes Barbosa Cortés.
3. Como la medición del ACT con BIS o con BIE fue secuencial, en el momento de realizar la medición, se desconocía el valor obtenido previamente con uno u otro método.
4. En formatos pre-establecidos se registraron los datos clínicos, antropométricos y los resultados de la medición del agua corporal total por los dos métodos de cada paciente durante su evaluación.

### Procedimientos

#### *Mediciones antropométricas*

Peso. Fue registrado en una báscula digital SECA con capacidad de 80 kg y una sensibilidad de 0.1 gramos previamente calibrada, con el niño de pie sobre la plataforma y con la menor ropa posible.

Estatura. Se midió utilizando un estadímetro con un rango de medición de 6-230 cm y divisiones de 1 mm, con el niño de pie sobre la plataforma, sin zapatos y sin

accesorios en la cabeza que pudieran interferir con la medición. Se colocó equitativamente sobre la plataforma distribuyendo equitativamente su peso en ambas piernas y la cabeza se posicionó en el plano horizontal de Frankfort. Los brazos debían colgar libremente al lado del tronco con las palmas de las manos hacia el muslo. El sujeto juntó los talones entre sí y tocó la pared vertical del estadímetro con una apertura de 60° entre las puntas de los 2 pies; los glúteos, la espalda y la parte posterior del cráneo debiendo estar en contacto con la pared (vertical). Se pidió al sujeto que inhalara profundamente y que mantuviera una postura recta sin alterar el equilibrio del peso en ambas piernas. La parte móvil del estadímetro se colocó en la parte más superior del cráneo presionando con fuerza suficiente el cabello del sujeto. La medición se registró al 0.1 cm más cercano.

Agua corporal total. Esta medición en los pacientes en diálisis peritoneal se realizó con cavidad vacía y debiendo acudir en un lapso no mayor a 120 minutos posteriores al término de su terapia. Para el caso de los pacientes en hemodiálisis las mediciones se realizó dentro de los siguientes 90 minutos posteriores al término de su sesión de hemodiálisis, en ambos casos al menos 3 horas después de la ingestión del último alimento. En diálisis peritoneal a pesar de que se puede medir BIS indistintamente con cavidad llena o vacía, considerando que la BIE requiere cavidad vacía para su medición, para fines de este estudio se decidió realizar con cavidad vacía y dentro de los siguientes 120 minutos posteriores al término del tratamiento.

### **Bioimpedancia eléctrica**

La medición se realizó mediante el uso del dispositivo Body Composition Monitor modelo BC-558 Tanita Ironman TM tetrapolar , se ingresaron en el dispositivo el sexo y la estatura del paciente y se le asignó una tecla personal, con la que encendió la báscula, al mostrar la pantalla en "0.0" el paciente subió al dispositivo descalzo y en ropa interior, colocó los pies con los talones alineados con los electrodos de la báscula, tomó un electródo en cada mano en forma firme, subió a la plataforma en posición erguida, con los brazos rectos y con las manos hacia abajo y a los costados del cuerpo, sin que existiera contacto de ninguna parte del cuerpo con los brazos o manos, posterior a lo cual apareció en pantalla el peso y el agua corporal total expresada en porcentaje respecto al peso.

## **Bioimpedancia espectroscópica**

Se utilizó el aparato denominado: BCM, Body Composition Monitor (Fresenius Medical Care), con el paciente en posición supina, se colocaron los electrodos primero en una mano y luego en el pie del mismo lado, se conectaron los cables al paciente, se ingresaron al dispositivo los valores de peso y talla, en kilogramos y metros, respectivamente, se inició la medición en 50 frecuencias, haciendo pasar una corriente imperceptible de 50- 1000 Hz, los resultados estuvieron disponibles en dos minutos y se almacenaron automáticamente en una tarjeta digital para el paciente, para la posterior transferencia de los datos al software Fluid Management Tool, en el cual mediante el modelo fisiológico y una combinación de ecuaciones a partir del principio de Cole-Cole y fórmula de Hanai (21,33) determinó la resistencia eléctrica del agua intracelular y el agua extracelular y luego a partir de esos datos calculó los volúmenes de estos compartimentos y en consecuencia el ACT.

## **Análisis estadístico**

*Análisis descriptivo.* De acuerdo con el tipo de distribución, las variables cuantitativas se expresaron en mediana, como medida de tendencia central. Las variables cualitativas se expresarán como frecuencias simples y porcentajes.

*Análisis inferencial.* La correlación de los valores del ACT entre los dos métodos se estimó mediante el coeficiente de correlación rho-Spearman.

Para la captura de la base de datos y el análisis se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15.0.

## **ASPECTOS ÉTICOS**

El presente estudio se apegó al Reglamento de Investigación de la Ley General de Salud y a las consideraciones formuladas en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial de Principios Éticos para la Investigación Médica en seres humanos.

Riesgos de la Investigación: Investigación que se clasificó con riesgo mínimo ya que los procedimientos a realizar consisten en exámenes físicos rutinarios y no invasivos.

Se solicitó la participación mediante carta de consentimiento informado a los padres y a los niños mayores de 8 años, carta de asentimiento informado.

*Confidencialidad.* No se identificaron en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio a los participantes y los datos relacionados con el paciente fueron manejados en forma confidencial.

Antes del inicio del estudio, el proyecto fue sometido para su evaluación a la Comité Local de Investigación Científica del IMSS.

## RESULTADOS

Se estudiaron 28 pacientes, cuyas características cualitativas se describen en el Cuadro 1, de los cuales 14 recibían terapia de sustitución con hemodiálisis y 14 con diálisis peritoneal, en ambos grupos el rango de edad fue el mismo, sin embargo la mediana fue mayor para pacientes en hemodiálisis, en este último grupo hubo predominio del sexo masculino (57.1%), mientras que en diálisis peritoneal predominó el sexo femenino (57.1%) esta y otras características cuantitativas se describen en el cuadro 2.

En cuanto a la causa de la ERC, la más común en ambos grupos fue la glomerulonefritis crónica, mientras que la duración de la terapia de sustitución la mediana entre los dos grupos fue similar; sin embargo, en el grupo de pacientes con hemodiálisis, la terapia de sustitución ha sido más prolongada ya que hubo casos hasta con 49 meses.

En lo referente al IMC, aún cuando en los pacientes con diálisis peritoneal los valores fueron menores, en general, fueron similares a los del grupo de hemodiálisis. El porcentaje de hipertensión fue mayor en el grupo en hemodiálisis (35.7%), y uno de los pacientes presentaba hipertensión estadio II.

Con respecto a la adecuación de la sustitución, con base en el Kt/V se observó que todos los pacientes en diálisis peritoneal se encontraban con cifras adecuadas, mientras que en el grupo de hemodiálisis hubo dos pacientes (14.3%) con Kt/V < 1.8, por lo que la terapia se consideró inadecuada, en el resto la terapia estaba en límites de adecuación.



## **Evaluación del agua corporal total**

En los 28 pacientes los valores obtenidos de la medición del ACT por BIE y BIS fueron similares: con BIE la mediana fue de 19.4 L (9.1 - 31.5 L) y con BIS, 21.2 L (8.6 - 37.4 L) registrada por BIS. Al llevar a cabo la correlación entre ambos métodos, se obtuvo una muy buena correlación ( $\rho = 0.94$ ,  $p < 0.001$ ). Gráfica 1. Sin embargo, al analizar paciente por paciente se determinó que en ninguno la medición fue igual; en 22 pacientes (78.4%) la BIE se sobreestimó el ACT medida por BIS con una diferencia que varió de 0.3 - 8.5 L, que desde el punto de vista porcentual corresponde a una diferencia de 1.9% - 25%, entre uno y otro método. En los otros 6 pacientes (21.6%) la BIE subestimó el ACT en comparación a la BIS, con una diferencia de 0.3 - 0.7 L, lo cual corresponde a una diferencia porcentual de 3.1% - 5.8%. Gráfica 2 y 3.

Cuando se compararon las mediciones de acuerdo con la modalidad de sustitución, en el grupo en diálisis peritoneal por BIE se obtuvo una mediana de 21.2 L (8.9 - 32.3 L) y por BIS 19.7 (9.2 - 26.1 L). En la correlación entre ambos métodos se obtuvo una muy buena correlación ( $\rho = 0.96$ ,  $p < 0.001$ ). Gráfica 4. En 12 casos (85.7%) se sobreestimó con BIE, con una mediana de las diferencias entre una y otra técnica de 1.15 L (0.3-6.2 L); en el 14.3% restante se subestimó, siendo la mediana de 0.4 L (0.3-0.5 L). En el caso de los pacientes en hemodiálisis por BIE se obtuvo una mediana de 21.2 L (8.6 - 37.4 L) y por BIS 19.1 L (9.1 - 31.5 L), y la correlación también fue muy buena ( $\rho = 0.94$ ,  $p < 0.001$ ) Gráfica 5, en este grupo se observó en 10 casos (71.4%) que con BIE se sobreestimó el ACT de los valores obtenidos por BIS, obteniéndose una mediana de la diferencia entre los dos métodos de 1.75 L (0.3-8.5 L); en tanto que en el 28.6% se subestimó, siendo la mediana de la diferencia observada de 0.4 L (0.3-0.7 L). Gráfica 6 y 7.

Tomando en consideración el tiempo en terapia de sustitución (ya sea diálisis o hemodiálisis), hubo 17 pacientes con más de un año en terapia de sustitución, el resto tenía menos de un año. Entre BIS y BIE, la correlación del cálculo del ACT fue buena, tanto en los pacientes con < 1 año en sustitución ( $\rho = 0.98$ ,  $p < 0.001$ ) Gráfica 8, como en los > 1 año ( $\rho = 0.91$ ,  $p < 0.001$ ) Gráfica 9. Sin embargo, en 16/17 pacientes con el uso de BIE se sobreestimó el ACT, al compararse con lo obtenido por BIS, con una mediana de 3.85 L (0.6 - 6.0L); en el paciente restante, la diferencia entre uno y otro método fue de -0.5 L. Mientras que en 6/11 pacientes (54.5%) con < 1 año de sustitución, la BIE sobreestimó el ACT, con una mediana de la diferencia de 0.55 L (0.3 - 6.2 L); en los otros 5 pacientes, la BIE subestimó el ACT (mediana 0.4 L [0.3-0.7 L]). Gráfica 10 y 11.

Cuando se tomó en cuenta tanto el tipo como el tiempo de sustitución se observó que en los 7 pacientes con diálisis peritoneal con más de un año, la BIE sobreestimó el ACT con una mediana 2.9 L (0.5 - 4.2 L). Lo mismo ocurrió en 5/7 pacientes con la misma terapia pero con < 1 año, ya que la BIE sobreestimó el ACT, siendo la mediana de la diferencia 0.7 L (0.3 - 6.2 L). En el grupo en hemodiálisis, en los 9 pacientes > 1 año se sobreestimó el ACT con BIE (mediana = 4.2 L [0.8- 5.3 L]); pero en 4/5 pacientes con < 1 año, el ACT se subestimó (mediana = 0.45 L [0.4- 0.7 L]).

Para comparar las mediciones del ACT por BIS y BIE de acuerdo con el IMC se conformaron 4 grupos: grupo 1 < 15 kg/m<sup>2</sup> (n = 5); grupo 2, 15-18 kg/m<sup>2</sup> (n = 10); grupo 3, 18.1-21 kg/m<sup>2</sup> (n = 7) y; el grupo 4, > 21 kg/m<sup>2</sup>(n = 6). En el grupo 1 con BIE la mediana fue de 21.2 L (8.6 – 15.5 L) y con BIS 19.4 L (9.1 – 15.2 L), subestimando en 3/5 de los casos con una mediana de la diferencia de 0.4 L (0.3 – 0.5 L) el ACT registrada por BIS, mientras que en los dos restantes sobreestimó con

una mediana de 0.75 L (0.3 – 1.2 L). En el grupo 2 con BIE la mediana fue de 21.2 L (13.2 – 32.3 L) y con BIS 17.7 L (11.4 – 26.1 L); en los 10 pacientes de este grupo se sobreestimó el ACT por BIE, con una mediana de la diferencia de 3.6 L (0.4 – 6.2 L). En el grupo 3 con BIE la mediana fue de 21.2 L (18.1 – 37.4 L) y con BIS 19.1 L (18.4 – 31.5 L), sobreestimando en 5/7 de los casos con una mediana de la diferencia de 1.0 L (0.4 – 8.5 L) del ACT registrada por BIS, mientras que en los dos restantes subestimó con una mediana de 0.4 L (0.3 – 0.5 L). Por último, en el grupo 4 la mediana con BIE fue de 22.1 L (21.1 – 29.3 L) y con BIS 19.2 L (20.5 – 23.9 L), sobreestimando el ACT registrada por BIS en 5/6 de los casos, con una mediana de la diferencia de 4.0 L (0.6 – 5.4 L), mientras que en el caso restante subestimó por 0.7 L.

### **Relación del ACT con las características clínicas**

Como se muestra en el Cuadro 3, en el momento de la evaluación, desde el punto de vista clínico 10 de los 28 pacientes se consideraba que cursaban con sobrehidratación porque se encontraban hipertensos, y dos de los cuales también presentaban edema. Sin embargo, al realizar la medición del ACT por BIS solo estos últimos dos casos se detectaron con sobrehidratación, uno con 1.5 L de más y el otro 1.4 L; en las notas del expedientes de estos dos pacientes se describe que, de acuerdo con el cálculo del peso seco, el exceso de agua era de 2 L, en ambos casos. Por el contrario, hubo seis pacientes que de acuerdo medición del ACT por BIS se identificaron con deshidratación, con déficit que varió de 0.3 a 0.7 L. Desde el punto de vista clínico, en los seis no se había considerado con déficit de agua ya que se encontraban con cifras de tensión arterial y llenado capilar normales; sin embargo, es conveniente mencionar que en tres se había reportado que en las últimas 2 semanas había disminución progresiva de la uresis residual.

Finalmente, cabe señalar que con BIE (tomando en cuenta las características del instrumento utilizado), no fue posible detectar el posible exceso de líquido.

**CUADRO 1.** Características cualitativas de los 28 pacientes estudiados, de acuerdo con el tipo de sustitución.

Característica	Hemodiálisis	Diálisis peritoneal	p
	N = 14	N = 14	
	Mediana (min-max)	Mediana (min-max)	
<b>Edad</b> (años)	15 (8-16)	13 (8-16)	0.24
<b>IMC*</b> (kg/m <sup>2</sup> )	18.2 (13 - 23.5) <sup>1</sup>	17.4 (12.6 - 21.7) <sup>1</sup>	0.87
<b>Peso</b> (kg)	36.1 (14.5 - 61.3) <sup>1</sup>	35.9 (16.1 - 48.3) <sup>1</sup>	0.45
<b>ACT BIS</b> (lt)	19.1 (9.1 - 31.5) <sup>1</sup>	19.7 (9.2 - 26.1) <sup>1</sup>	0.80
<b>ACT BIE</b> (lt)	21.2 (8.9 - 31.2) <sup>1</sup>	21.2 (8.6 - 37.4) <sup>1</sup>	0.98
<b>Tiempo en terapia de sustitución</b> (meses)	15 (1 - 49)	14.5 (1 - 38)	0.48
<b>Kt/V</b> (Lt/semana)	2.0 (1.2 - 2.8)	2.2 (1.8 - 2.4)	0.57
<b>Urea</b> (mg/dL)	58 ( 46 - 148)	79 (41 - 143)	0.39

\*Índice de masa corporal

**CUADRO 2.** Características cuantitativas de los 28 pacientes estudiados, de acuerdo con el tipo de sustitución.

Característica	Hemodiálisis	Diálisis peritoneal	p
	N = 14	N = 14	
	N (%)	N (%)	
<b>Sexo</b>			
Masculino	8 (57.1)	6 (42.9)	0.64
Femenino	6 (42.9)	8 (57.1)	
<b>Tensión arterial</b>			
Normal	9 (64.2)	10 (71.4)	0.57
Estadio I	4 (28.6)	4 (28.6)	
Estadio II	1 (7.1)	0	
<b>Causa ERC</b>			
Glomerulonefritis crónica	8 (57.1)	6 (42.9)	0.21
Hereditaria	4 (28.6)	3 (21.4)	
Uropatía	2 (14.2)	4 (28.6)	
Sínd. hemolítico-urémico	0	1 (7.1)	

**CUADRO 3.** Comparación del estado de hidratación desde el punto de vista clínico y con bioimpedancia espectroscópica en los 28 pacientes evaluados.

MÉTODO	ESTADO DE HIDRATACIÓN			TOTAL
	Normal	Deshidratación	Sobrehidratación	
<b>BIS</b>	20	6	2	28
<b>Clínica</b>	18	0	10	28

## DISCUSIÓN

En la actualidad, la cuantificación del agua corporal total (ACT) se recomienda en la guías KDOQI como parte de la evaluación de los pacientes con IRCT para determinar el Kt/V, con el fin de determinar si la terapia sustitutiva es adecuada. Su importancia radica en que los errores en el cálculo del ACT conduce a determinaciones erróneas Kt/V, como fue demostrado por Morgenstern y cols. (38), ocasionando variaciones de 0.2 - 0.3 litros/semana con el uso de fórmulas antropométricas, con lo cual podríamos concluir que un paciente se encuentra bien dializado, cuando no es real. Aunque no existe recomendación de medir el ACT para determinar sobrecarga hídrica, se está explorando esta posibilidad como parte de la evaluación del paciente con terapia sustitutiva de la función renal. (1)

Desde el punto de vista cardiovascular la sobrecarga hídrica crónica en pacientes con ERC estadio 5 se asocia con hipertensión arterial, hipertrofia de ventrículo izquierdo, miocardiopatía dilatada, etc. Sin embargo, la cuantificación precisa, desde el punto de vista clínico, de la cantidad extra de líquido en un paciente en particular no se lleva a cabo de manera rutinaria, ya que resulta difícil la disponibilidad de métodos apropiados que permitan su medición. Los elementos con los que se cuenta en la práctica habitual para inferir sobrehidratación son indirectos como el edema, la hipertensión, o bien, la ganancia de peso respecto al “peso seco” (el peso mínimo que puede tolerar un paciente sin síntomas de deshidratación inter o intradiálisis). La ganancia de peso, entonces, constituye en la práctica clínica habitual el indicador de sobrehidratación más confiable, pero, existe el problema que en muchas ocasiones se desconoce el peso seco real de cada paciente. En este contexto, en la actualidad se conoce que la forma una de las formas más objetivas para medir el ACT en pacientes con ERC es la BIS. El presente estudio se diseñó

para determinar la posible utilidad de la BIE en niños con ERC, al compararse con BIS, en vista que el primero es un recurso que está disponible en diferentes unidades médicas, mientras que BIS es una herramienta que es difícil de conseguir.

En los resultados de este estudio encontramos que al evaluar 28 pacientes, la correlación del ACT medida por BIE y BIS es muy buena ( $\rho = 0.94$ ), sin embargo, al comparar las mediciones en forma individual, observamos que existe diferencia de hasta 8.5 L. En los estudios reportados tanto en adultos como en niños al utilizar la BIE para el cálculo del ACT mediante las fórmulas que consideran la edad y el IMC, utilizando la reactancia y la resistencia reportada por el bioimpedanciómetro, las diferencias con BIS o con dilución isotópica con Deuterio son menores, dependiendo el autor de 0.3- 6.2 L (14,20,33,35,37). Es posible que las diferencias observadas en este estudio se expliquen porque con el instrumento utilizado para medir el ACT por BIE (Marca Tanita), de manera automática calcula el porcentaje del peso total que representa el agua, pero, sin reportar la reactancia, ni la resistencia. Los equipos Impedance Analyzer o Bioscan 916v3 tienen cuatro frecuencias, por lo que reportan dichos valores y, de esta forma, se pueden utilizar las fórmulas para estimar de manera más confiable el ACT.

A pesar de lo anterior, cuando comparamos los resultados obtenidos en el presente estudio con lo previamente reportado se pueden observar ciertas similitudes. Por ejemplo, en el estudio en pacientes pediátricos en diálisis peritoneal realizado por Mendley y cols., (37) en el cual se comparó el método de dilución isotópica con BIE, se encontró una diferencia de 1.45 - 6.24 L, similar a la reportada en nuestro estudio comparando BIS y BIE con una diferencia de 0.6 – 8.5 L, tanto en diálisis peritoneal como en hemodiálisis.

En los pacientes con más de un año de evolución de acuerdo a lo reportado por Chan y cols. (38), en el estudio realizado en 59 adultos en hemodiálisis, en el que se observó que en pacientes con terapia de sustitución > 1 año, la medición del ACT con BIE sobreestimó la medición obtenida con Dilución con Deuterio con una mediana de la diferencia 3.8 L (rango 1.5 – 5.5 L) mientras que en pacientes con tratamiento < 1 año la mediana de la diferencia fue 1.3 L (0.7 – 2.3 L). De forma similar a lo reportado por Basile y cols. (35) en pacientes adultos, la mediana de la diferencia 0.9 L (rango 0.3 - 1L) en la medición con ambos métodos. En comparación, en este estudio en el grupo de 17 niños con terapia sustitutiva de la función renal > 1 año también se observó sobreestimación del ACT en 94.1% de los casos mediante BIE al contrastar los resultados del BIS, siendo los datos muy semejantes a los de Chan y col. (mediana de la diferencia de 3.9 L; rango 0.5 – 8.5 L). En tanto, los pacientes de este estudio con tratamiento < 1 año, la mediana de la diferencia entre ambos métodos tuvo una menor diferencia (0.55 L), pero, hubo un paciente con diferencia de 6.2 L. La sobreestimación de la cantidad de ACT por BIE se puede explicar porque el componente intracelular del ACT en el tejido magro es mayor en los pacientes con reducción de la masa muscular, lo cual ocurre como consecuencia del desgaste muscular en los pacientes ERC estadio 5 con una evolución más prolongada. (38)

Mendley y cols. (37) reportaron que en pacientes pediátricos en diálisis peritoneal con IMC < 15.6 kg/m<sup>2</sup> la BIE sobreestima el ACT medida por dilución isotópica, con una mediana de la diferencia 0.8 L (0.3 – 1.2); mientras que en pacientes con IMC >17. 2 kg/m<sup>2</sup> el ACT se subestimó (mediana 1.2 L, rango 0.8 – 5.4L). Estos datos fueron contrarios a los hallazgos del presente estudio, al observar que la BIE subestimó el ACT en pacientes con IMC < 15 kg/m<sup>2</sup>, y que en pacientes

con IMC  $>15 \text{ kg/m}^2$  se sobreestimó. A pesar de que los resultados son distintos, lo obtenido en nuestro estudio parece estar más en congruencia con Chan y cols (38), quienes indican que en los pacientes con mayor porcentaje de grasa corporal, la capacidad de la BIE para medir el ACT disminuye, por lo que la correlación entre BIS y BIE es menor a mayor IMC.

En este estudio, al comparar el ACT de acuerdo con el tipo de terapia sustitutiva se encontró una buena correlación entre BIS y BIE, siendo muy similar la estimación entre los pacientes de diálisis peritoneal y en hemodiálisis ( $r = 0.96$  y  $0.94$ , respectivamente). Esta información no puede ser contrastada con otras publicaciones, debido que hasta el momento solamente se han reportado estudios donde han incluido pacientes con una u otra forma de terapia de sustitución, sin embargo, parece ser que en los pacientes en diálisis peritoneal existe mayor discrepancia de la estimación del ACT entre BIS y BIE, lo cual se ha atribuido a que la pérdida de agua que ocurre con diálisis peritoneal es más lenta que con la hemodiálisis. (35)

Los resultados de este estudio, deben contextualizarse en función algunas debilidades desde el punto metodológico. Por ejemplo, el número de sujetos evaluados que pareciera ser limitado, sin embargo, existen publicaciones con 14 pacientes en edad pediátrica (37) y en el presente fueron 28. A pesar de esto, creemos conveniente realizar mayor número de mediciones al mismo grupo de pacientes o aumentar el número de pacientes, con el fin corroborar las diferencias encontradas en las mediciones de nuestro estudio. Asimismo, aunque seguimos las recomendaciones de medir el ACT entre 30 y 120 minutos después del proceso dialítico, consideramos que falta evaluarse, en estudios posteriores, si la realización de las mediciones previo al tratamiento incrementa la correlación entre los métodos.



El presente trabajo se realizó para explorar la correlación entre ambos métodos, así como para evaluar la posible relación de esta con otras variables como índice de masa corporal, la modalidad de tratamiento y el tiempo del mismo, por lo que el análisis de estas fue realizado por separado, una vez identificadas las posibles relaciones ya descritas, se determinará su asociación en estudios ulteriores mediante el uso de análisis multivariado.

Otro punto a considerar es el que solamente una persona realizó las mediciones de BIS y BIE. En contraparte, dentro de las fortalezas de este estudio es la inclusión pacientes con un espectro apropiado de problemas de hidratación (deshidratados, con hidratación normal y sobrehidratados) y los resultados de BIE se compararon con un estándar de oro (BIS).

Por otro lado, en adultos, en el estudio realizado por Onofriescu y cols., se observó que BIE puede utilizarse junto con los criterios clínicos como guía para la ultrafiltración en pacientes adultos en hemodiálisis (14); sin embargo, en el nuestro se observó subestimación del ACT medida con BIE en pacientes con tratamiento sustitutivo < 1 año, por lo que en caso de que se pensara incorporarlo para la estimación del ACT, se tendría que considerar esta condición porque podría llevar a complicaciones cardiovasculares debido a la falta de detección de sobrehidratación. Pero es muy importante destacar que es la primera vez que este hospital se cuantifica el ACT, con lo cual nos dimos cuenta que de 10 pacientes con hipertensión, solamente en dos se pudo atribuir a sobrecarga hídrica; estos datos deben de alertar a la búsqueda de otras posibles causas de elevación de cifras tensionales. Además, se identificaron tres pacientes en quienes la uresis residual había disminuido de manera reciente y que al disponer de la cuantificación del ACT se determinó que tenían déficit de agua (deshidratación). Esta condición tiene

implicaciones clínicas ya que se puede considerar que al disminuir la uresis residual progresión de la enfermedad renal, en lugar de que se trate de ultrafiltración excesiva. Con estos cinco casos donde se observa que la cuantificación del ACT pudiera tener implicaciones para la modificación de la terapéutica, pareciera importante utilizar el ACT como indicador clínico.

## **CONCLUSIONES**

1. En niños con diálisis peritoneal y hemodiálisis la medición del ACT con BIS y BIE parece tener muy buena correlación ( $\rho = 0.94$ ), sin embargo al comparar la mediciones en forma individual existe diferencia de hasta 8.5 L.
2. En pacientes con menor IMC  $> 15 \text{ kg/m}^2$  la BIE de acuerdo a los resultados obtenidos parece subestimar el ACT, mientras que en pacientes con IMC  $< 18 \text{ kg/m}^2$  sobreestimó en 87% de los casos.
3. La correlación del ACT con BIE y BIS de acuerdo con el tipo de sustitución, es similar entre diálisis peritoneal y hemodiálisis. Sin embargo, al comparar paciente por paciente las diferencias del ACT parecen ser menores en pacientes en hemodiálisis.
4. Por el tiempo en sustitución, la medición del ACT los pacientes con más de un año de tratamiento parecen tener mayor discrepancia entre BIS y BIE, que quienes tienen menos de un año de tratamiento sustitutivo.
5. Si bien no parece confiable el uso de la BIE para estimar el ACT, de acuerdo con los resultados obtenidos podría ser de utilidad en pacientes con ultrafiltración excesiva, o bien, en los pacientes en hemodiálisis con  $< 1$  año de tratamiento.

## **RECOMENDACIONES**

1. El uso del ACT como indicador de adecuada terapia de sustitución es de utilidad en pacientes con ERC en estadio 5, con el fin de evitar exposición crónica a sobrecarga hídrica y, por tanto, los efectos cardiovasculares deletéreos.
2. Es necesario incrementar el estudio del ACT en niños con ERC a fin de establecer con precisión la posible utilidad de la BIE para ayudar a orientar la terapia de sustitución.

## REFERENCIAS

1. **K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification.** Kidney Disease Outcome Quality Initiative. American Journal Kidney Disease 39 (suppl 1): S1 266, 2002.
2. Rooney T, Kanso A, Sedor J. **Chronic Kidney Disease and Its Complications.** Primary Care Clinical Office Practice 2008; 35 (18) : 329-344.
3. Nydegger A, Strauss B, Heine R. **Body composition of children with chronic and end renal failure.** Journal of Paediatrics and Child Health 2007; 43 (19) : 140-145.
4. **Annual Dialysis report 2011: a report of the North American Pediatric Renal Trials and Collaborative Studies (NAPRTCS).** Journal of American society of Nephrology 2011; 3 (3) : 7-8.
5. Norman LJ, Coleman JE. **Nutrition and growth in relation to severity of renal disease in children.** Pediatric Nephrology 2000; 15 (6) : 259-265.
6. Rees L, Shaw V. **Nutrition in children with CRF and on dialysis.** Pediatric Nephrology 2007; 22 (21) : 1689-1702.
7. Smithdt RM, Dummler J. **Bioelectrical impedance analysis: A promising predictive tool for nutritional assessment in continuous peritoneal dialysis.** Peritoneal Dialysis International 1993; 13 (4) : 250-255.
8. Paniagua R, Amato D, Vonesh E. **Effects of increased peritoneal clearances on mortality rates in peritoneal dialysis: ADEMEX, a prospective, randomized, controlled trial.** Journal of American society of Nephrology 2002; 13 (5), 1307-1320.
9. García Nieto. **Nefrología pediátrica** 2006. 2a edición, Editorial Aula médica : 1027-1028.
10. Doñate T, Borrás M, Coronel F. **Diálisis peritoneal.** Diálisis y trasplante 2006; 27 (1) : 23-34.
11. Moon J, Tobkin S, Roberts M. **Total body water estimations in healthy men and women using bioimpedance spectroscopy: a deuterium oxide comparison.** Nutrition & Metabolism 2008; 5 (7) : 111-116.
12. Arias M. **La bioimpedancia como valoración del peso seco y del estado de hidratación.** Diálisis y Trasplante 2010; 31(4) : 137-139.
13. Azócar M, Cano F, Marín V. **Estimación del agua corporal total por deuterio en diálisis peritoneal pediátrica.** Revista Chilena de Pediatría 2003; 74 (15) : 504-510.
14. Onofriescu M, Segall L. **Randomized trial of bioelectrical impedance analysis versus clinical criteria for guiding ultrafiltration in hemodialysis patients: effects on blood pressure, hydration status, and arterial stiffness.** Internacional Urology and Nephrology 2011; 76 (3) : 310-321.

15. Acar B, Yalçinkaya F, Cakar N. **The outcome for pediatric patients on peritoneal dialysis.** Journal of Nephrology 2008; 21 (5) : 394-399.
16. Daugirdas M, Blake F, Ing L. **Manual de diálisis** 2007. 3ª. Edición, Editorial Masson : 115-117.
17. Morgenstern BZ, Wühl E, Nair KS. **Anthropometric prediction of total body water in children who are on pediatric peritoneal dialysis.** Journal Of The American Society Of Nephrology 2006; 17 (1) : 285-293.
18. Morgenstern B, Nair K, Lerner G. **Impact of total body water errors on Kt/V estimates in children on peritoneal dialysis.** Advances In Peritoneal Dialysis. Conference On Peritoneal Dialysis 2001; 26 (7) : 260-263.
19. Sánchez A, Barón M. **Uso de la bioimpedancia eléctrica para la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes.** Nutrition 2009; 22 (2) : 105-110.
20. Beertema W, Van Hezewijk M, Kester A. **Measurement of total body water in children using bioelectrical impedance: a comparison of several prediction equations.** Journal Of Pediatric Gastroenterology And Nutrition 2000; 31 (4) : 428-432.
21. Jaffrin M, Morel H. **Extracellular volume measurements using bioimpedance spectroscopy-Hanai method and wrist-ankle resistance at 50 kHz.** Medical Bio Engineering Computed 2009; 47 (7) : 77-84.
22. Dietel T, Filler G, Grenda R. **Bioimpedance and inferior vena cava diameter for assessment of dialysis dry weight.** Pediatric Nephrology 2000; 53 (14) : 903-907.
23. Ramírez E, Valencia M. **Tamaño y composición corporal en niños mexicanos I : implicaciones en el uso del BOD, POD, DXA y dilución con deuterio en la evaluación de la masa grasa y masa libre de grasa.** RESPYN 2008; 9 (3) : 310-325.
24. Piccoli A. **Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis. The Italian Hemodialysis-Bioelectrical Impedance Analysis (HD-BIA) Study Group.** Kidney international 1998; 53 (4) : 1036-1043.
25. Piccoli A, Ronco C, Costanzo M. **Bioelectric impedance measurement for fluid status assessment.** Contribution Nephrology 2010; 164 (14) : 143-152.
26. Dalbo V, Kerksick C, Bemben M. **Total body water measurement by a modification of the bioimpedance spectroscopy method.** Medical Bio Engineering Computed 2006; 53 (44): 873-882.
27. Moissl U , Wabel P , Chamney W. **Body fluid volume determination via body composition spectroscopy in health and disease.** Physiologic Measurement 2006; 27 (22): 921-933.

28. Wabel P, Moissl U, Chamney P, Jirka T. **Towards improved cardiovascular management: the necessity of combining blood pressure and fluid overload.** *Nephrology Dialysis and Transplant* 2008; 23 (35): 2965–2971.
29. Voroneanu L, Cusai C, Hogas S. **The relationship between chronic volume overload and elevated blood pressure in hemodialysis patients: use of bioimpedance provides a different perspective from echocardiography and biomarker methodologies.** *International Urology and Nephrology* 2008; 42 (3) : 789-797.
30. Zhu F, Kotanko P, Raimman J. **Estimation of normal hydration in dialysis patients using whole body and calf bioimpedance analysis.** *Journal of Renal Nutrition* 2011; 25 (16) : 265-271.
31. Chanchairujira T, Ravindra L. **Assessing fluid change in hemodialysis: Whole body versus sum of segmental bioimpedance spectroscopy.** *Kidney International* 2001; 60 (6) : 2337–2342.
32. Fenech M, Maasrani M, Jaffrin M. **Fluid volumes determination by impedance spectroscopy and hematocrit monitoring: application to pediatric hemodialysis.** *Artificial organs* 2001; 25 (2) : 89-98.
33. Soo-Jeong Y, Do-hyoung K, Dong-Jin O. **Assessment of Fluid Shifts of Body Compartments using Both Bioimpedance Analysis and Blood Volume Monitoring.** *Journal Korean Medical Science* 2006; 21 (1) : 75–80.
34. Strain G, Wang J, Gagner M. **Bioimpedance for severe obesity: Comparing Research Methods for Total Body Water and Resting Energy Expenditure.** *Obesity* 2008; 16 (8): 1953–1956.
35. Basile C, Vernaglione L, Di Iorio B. **Development and Validation of Bioimpedance Analysis Prediction Equations for Dry Weight in Hemodialysis Patients.** *Clinical Journal of American Society of Nephrology* 2007; 2 (18): 675-680.
36. Teruel J, Álvarez L, Fernández L. **Control de la dosis de diálisis mediante dialisancia iónica y bioimpedancia.** *Nefrología* 2007; 27 (1): 89-98.
37. Mendley S, Majkowski N, Schoeller D. **Validation of estimates of total body water in pediatric dialysis patients by deuterium dilution.** *Kidney International* 2005; 67 (42): 2056–2062.
38. Chan C, McIntyre C, Smith D. **Combining Near-Subject Absolute and Relative Measures of Longitudinal Hydration in Hemodialysis.** *Clinical Journal of American Society Nephrology* 2009; 4 (11): 1791–1798.



Servicio de Nefrología  
Unidad de Investigación en Epidemiología Clínica  
Unidad de Investigación Médica en Nutrición  
Hospital de Pediatría CMN S XXI

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

MEXICO, D.F. A \_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ 2012

Estamos invitando a su hijo(a) \_\_\_\_\_ un estudio llamado **“Correlación entre el agua corporal total medida por bioimpedancia espectroscópica y por bioimpedancia eléctrica en niños con diálisis peritoneal y hemodiálisis del hospital de pediatría del CMN Siglo XXI”**, donde el objetivo de realizarlo será el conocer la cantidad de agua que su hijo tiene en su cuerpo.

Su hijo ha sido invitado a participar en este estudio igual que otros niños con la misma enfermedad.

Por favor lea cuidadosamente la información que a continuación se le proporciona y haga las preguntas que desee antes de decidir si desea o no dejar participar a su hijo.

Si acepta que participe su hijo (a) ocurrirá lo siguiente:

- Se le pedirá que responda un cuestionario en el que le preguntaremos sobre los antecedentes clínicos de su hijo. Esta información será totalmente confidencial. Pudiera ser que dentro de las preguntas en el cuestionario o durante la entrevista, alguna de estas preguntas le hicieran sentir incomodo (a), usted tiene todo el derecho de no responder a cualquier pregunta que le incomode.

- Se registrará el peso y la talla de su hijo.

- Se medirá la cantidad de agua en el cuerpo de su hijo mediante el método de bioimpedancia espectroscópica, para lo cual se colocarán dos cables y se aplicará una corriente eléctrica, que su hijo no sentirá, y con la información obtenida a través de un programa de computadora se calculará la cantidad total de agua que existe en el cuerpo del niño. Posteriormente se realizará la medición del agua corporal total mediante bioimpedancia eléctrica, para lo cual realizaremos un procedimiento similar, pero con otro aparato. También se realizará la toma de tensión arterial mediante el uso de un dispositivo electrónico integrado en las máquinas de hemodiálisis, sin someterlo a ningún otro contacto con dicho instrumento.

Posibles riesgos:

- Este tipo de estudio no provoca dolor, incomodidad o riesgo alguno, ya que la corriente eléctrica utilizada para las mediciones no es percibida por el cuerpo humano.

Posibles beneficios:

- Los resultados de este estudio nos permitirán determinar si el uso de la bioimpedancia eléctrica es útil para saber si la dosis de diálisis que su hijo recibe es adecuada, con el fin de reducir los riesgos que el exceso de la cantidad de agua en su cuerpo implica para su salud.

La participación de su hijo en este estudio es voluntaria. Si usted decide que su hijo no participe, esto no modifica los beneficios en cuanto al tratamiento o la atención médica que recibe.

La información será confidencial y será solo utilizada para fines de investigación. En caso de cualquier duda puede acudir con la Dra María Alejandra Aguilar Kitsu o el Dr. Francisco Salazar Martínez , los cuales se encuentran en el servicio de Nefrología Pediátrica del CMN Siglo XXI Hospital de Pediatría en el 5° piso de 7:00 a 16:00 hrs o bien puede llamar al teléfono 56276900 en la extensión 22539 en los horarios antes mencionados.

Se me ha informado de manera adecuada en que consistirá el estudio. Se me explicaron los beneficios así como los posibles riesgos producidos al realizar el estudio.

Entiendo que la participación de este estudio no involucra mayor riesgo que al que esta expuesto en este momento por la insuficiencia renal crónica.

Se comentó que toda la información obtenida será confidencial y será usada solo para propósitos de investigación.

Se me explicó que tengo la libertad de retirar mi consentimiento en cualquier momento y dejar de participar en el estudio sin que se vea afectada la atención médica de mi hijo, ni el tratamiento de su enfermedad, así también se me ha explicado que la participación en esta investigación no tendrá ningún costo para mi ni para mi hijo.

Se me explicó el contenido de esta carta y se contestaron todas mis preguntas, así también se me explicó que seré informado (a) de los resultados obtenidos.

Estoy de acuerdo en que mi hijo participe en este estudio.

### **DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Nombre padre \_\_\_\_\_ Firma del padre \_\_\_\_\_

Nombre madre \_\_\_\_\_ Firma de la madre \_\_\_\_\_

Nombre Testigo 1 \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

Nombre Testigo 2 \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

**Nombre y firma de quien solicita el Consentimiento:**

\_\_\_\_\_





Servicio de Nefrología  
Unidad de Investigación en Epidemiología Clínica  
Unidad de Investigación Médica en Nutrición  
Hospital de Pediatría CMN S XXI

## CARTA DE ASENTIMIENTO

FECHA: México, D.F. a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**NOMBRE DEL ESTUDIO:** *“Correlación entre el agua corporal total medida por bioimpedancia eléctrica y por bioimpedancia espectroscópica en niños con diálisis peritoneal y hemodialisis del hospital de pediatría del cmn siglo xxi”*

Por medio de esta carta te invitamos a que participes en un estudio llamado **“correlación entre el agua corporal total medida por bioimpedancia eléctrica y por bioimpedancia espectroscópica en niños con diálisis peritoneal y hemodialisis del Hospital de Pediatría del CMN Siglo XXI”**, el cual consiste en ver la cantidad de agua que tienes en tu cuerpo, mediante las mediciones con dos aparatos diferentes, llamados bioimpedanciómetros, al final compararemos las mediciones hechas con ellos para ver que tanto se parecen .

Para tu evaluación en el estudio será necesario que acudas con algún familiar a la Unidad de Hemodiálisis de este hospital. Ninguna persona verá tu información ni los resultados.

En caso de que decidas participar, no tendrá costo alguno para ti ni para tus papás; y en caso de que tus papás o tú decidan no hacerlo, seguirás recibiendo la atención médica con todos los beneficios con los que cuentas hasta este momento.

**NOMBRE DEL PACIENTE:**

\_\_\_\_\_

**Nombre y firma de quien solicita el Consentimiento:**

\_\_\_\_\_

## HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**“Correlación entre el agua corporal total medida por bioimpedancia y bioimpedancia en niños con diálisis peritoneal y hemodiálisis del hospital de pediatría del CMN Siglo XXI”**

**FECHA:**

**NOMBRE:**

**AFILIACIÓN:**

**EDAD:**

**SEXO:**

<b>M</b>	<b>F</b>
----------	----------

**TALLA:**            **M**

**PESO:**            **Kg**

**IMC:**            **Kg/m<sup>2</sup>**

**TENSIÓN ARTERIAL:**            **mmHg**

**CAUSA DE LA IRCT**

<b>HEREDITARIA</b>	<b>UROPATÍA</b>	<b>GLOMERULOPATÍA</b>	<b>ENFERMEDAD SISTÉMICA</b>
--------------------	-----------------	-----------------------	-----------------------------

**TIEMPO DE EVOLUCIÓN:**            **MESES**

**TRATAMIENTO SUSTITUTIVO:**

<b>HEMODIÁLISIS</b>	<b>DIÁLISIS PERITONEAL</b>
---------------------	----------------------------

**UREA SÉRICA**            **mg/dL**

**Kt/V**            **L/SEMANA**

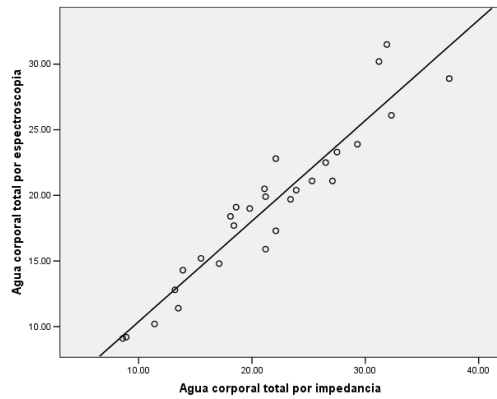
**ACT POR BIS:**

<b>L</b>
----------

**ACT POR BIE**

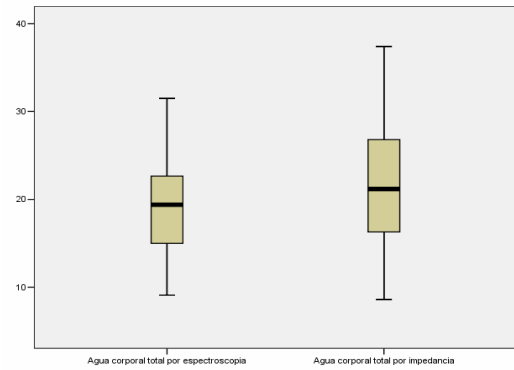
<b>L</b>
----------

Gráfica 1. Correlación total BIS vs BIE

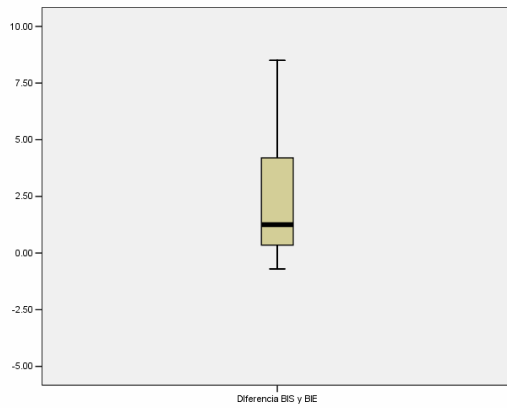


Rho = 0.94 p>0.001

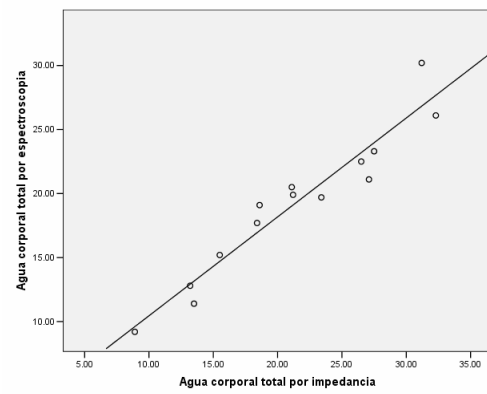
Gráfica 2. Cantidad de agua medida con BIE y BIS



Gráfica 3. Diferencia del ACT medida entre BIS y BIE

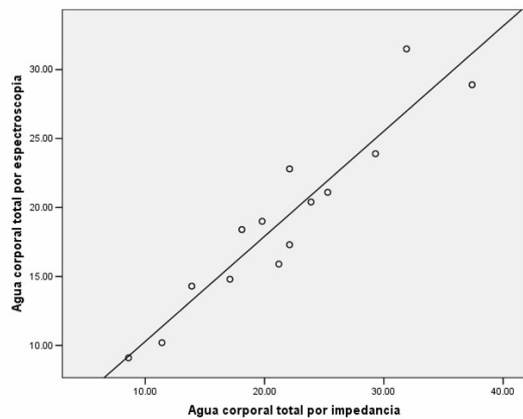


Gráfica 4. Correlación BIS vs BIE en pacientes en DP



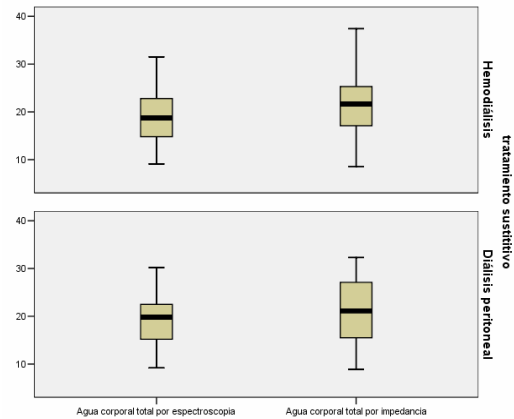
Rho = 0.96 p>0.001

Gráfica 5. Correlación BIS vs BIE en pacientes en HD

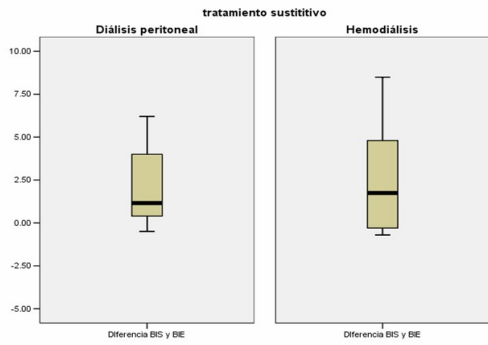


Rho = 0.93 p>0.001

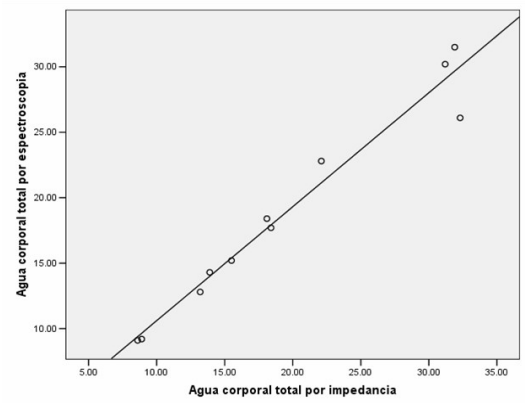
Gráfica 6. Cantidad de ACT medida por tipo de sustitución



Gráfica 7. Diferencia entre BIS y BIE por tipo de sustitución

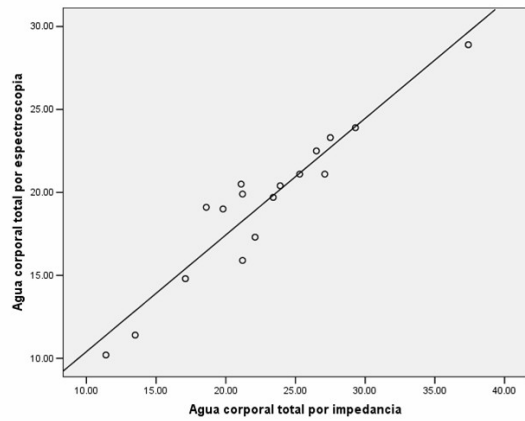


Gráfica 8. Correlación BIS vs BIE en < 1 año de sustitución



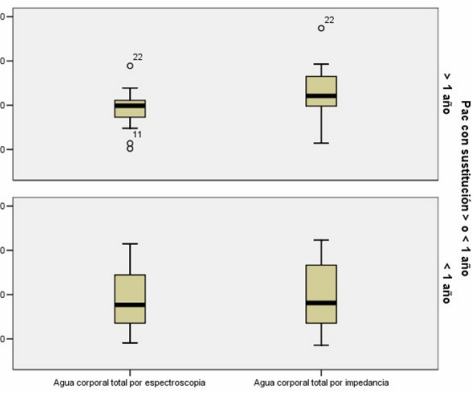
Rho = 0.98 p > 0.001

Gráfica 9. Gráfica 5. Correlación BIS vs BIE en > 1 año de sustitución



Rho = 0.91 p > 0.001

Gráfica 10. ACT medida por BIS y BIE por tiempo de tratamiento



Gráfica 11. Diferencia en ACT medida por tiempo de sustitución

