

Análisis de sodio, potasio y calcio por bioimpedancia eléctrica en pacientes con cardiopatía isquémica y cirugía de revascularización miocárdica

Lic. Ania Cortés Durán , MSc. Ricardo García Álvarez, MSc. Dra. Ana I. Núñez Bourón, Lic. Alexi Domínguez Fabars y Dra. Glenda Nigorenko Ham

Facultad de Ciencias Médicas I, Universidad de Ciencias Médicas. Santiago de Cuba, Cuba.

Full English text of this article is also available

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 31 de octubre de 2017
Aceptado: 14 de diciembre de 2017

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Abreviaturas

BIE: bioimpedancia eléctrica

RESUMEN

Introducción: Las enfermedades del corazón encabezan las estadísticas sanitarias cubanas como una de las principales causas de defunciones, con predominio de la cardiopatía isquémica. Tradicionalmente, en Cuba se determina la concentración plasmática de los electrolitos por métodos ionogasométricos estandarizados, pero existen otros métodos como la bioimpedancia eléctrica que mide la cantidad total de los principales iones de los líquidos orgánicos, y brinda una información más real sobre las concentraciones de estos electrolitos en el cuerpo humano.

Objetivo: Determinar por bioimpedancia eléctrica los valores de los electrolitos calcio corporal total, sodio y potasio intercambiables antes y al séptimo día de la intervención quirúrgica, y compararlos con una población de referencia.

Método: Se realizó un estudio longitudinal y prospectivo con 42 pacientes de 40 y más años de edad, con cardiopatía isquémica, de ambos sexos, tratados mediante cirugía de revascularización miocárdica sin circulación extracorpórea en el Centro Territorial de Cirugía Cardiovascular de Santiago de Cuba, en el primer cuatrimestre de 2015. Las mediciones por bioimpedancia se realizaron a 50 kHz, mediante el método tetrapolar ipsilateral derecho. Los parámetros fueron estudiados según sexo, grupos de edad y valores de los electrolitos.

Resultados: Se encontró una disminución del sodio ($2984,98 \pm 426,3$ vs. $3349,7 \pm 805,0$ mmol) y el potasio ($3076,75 \pm 265,06$ vs. $3251,3 \pm 593,85$ mmol) intercambiables antes del acto quirúrgico. En el período postoperatorio, los valores obtenidos de sodio intercambiable ($3097,5 \pm 447,29$ mmol; $p < 0,05$) resultaron estadísticamente significativos.

Conclusiones: Antes y después de la cirugía, los electrolitos estudiados mostraron valores por debajo de los estándares, aunque no siempre esta variación resultó significativa.

Palabras clave: Cardiopatía isquémica, Sodio, Potasio, Calcio, Bioimpedancia eléctrica

 A Cortés Durán
Calle Los Maceo N° 711-A, e/ Reloj y San Agustín. Santiago de Cuba 90100. Santiago de Cuba, Cuba.
Correo electrónico:
ania.cortes@sierra.scu.sld.cu

Sodium, potassium and calcium analysis by means of electrical bioimpedance in patients with ischemic heart disease and coronary artery bypass graft surgery

ABSTRACT

Introduction: Heart diseases lead Cuban health statistics as one of the main causes of death with predominance of ischemic heart disease. Traditionally, in Cuba the plasma electrolyte concentrations is determined by standardized ions and blood gases analysis. But there are other methods such as electric bioimpedance which measures the total amount of main ions of organic liquids, and provides more real information about the concentrations of these electrolytes in the human body.

Objective: To determine the values of total exchangeable body sodium and potassium electrolytes by bioelectrical impedance before and on the seventh day of surgery, and compare them with a reference population.

Method: A longitudinal and prospective study was carried out with 42 patients aged 40 and over with ischemic heart disease, from both sexes, treated with coronary artery bypass grafting without extracorporeal circulation at the "Centro Territorial de Cirugía Cardiovascular de Santiago de Cuba" in the first four months of 2015. Bioimpedance measurements were made at 50 kHz, using the right-sided tetrapolar method. The parameters were studied according to sex, age groups and electrolyte values.

Results: A decrease in interchangeable sodium (2984.98±426.3 vs. 3349.7±805.0 mmol) and potassium (3076.75±265.06 vs. 3251.3±593.85 mmol) was found before surgery. In the postoperative period, the values obtained for exchangeable sodium (3097.5±447.29 mmol, $p < 0.05$) were statistically significant.

Conclusions: Before and after surgery, the electrolytes studied showed values below the standards, although this variation was not always significant.

Key words: Ischemic heart diseases, Sodium, Potassium, Calcium, Electrical bioimpedance

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de cuatro décadas, las enfermedades del corazón encabezan las estadísticas sanitarias cubanas como una de las principales causas de defunciones, con predominio de la cardiopatía isquémica¹. Actualmente, la cirugía de revascularización miocárdica constituye un pilar fundamental en el tratamiento de los afectados por estos padecimientos, así como también la operación cardíaca más ejecutada en casi todo el mundo².

Entre las modificaciones que se producen en quienes padecen estas enfermedades, es un hecho conocido que la cirugía provoca un balance nutricional negativo, debido al aumento de las exigencias energéticas y somáticas que impone el acto quirúrgico, además de la alimentación insuficiente característica de los períodos pre y postoperatorio inmediatos. Como regla general, a mayor magnitud de la cirugía, mayor duración y profundidad de la respuesta metabólica como manifestación normal ante esa intervención³; sin embargo, como técnica quirúrgica al fin, aunque no tan «agresiva» como cuando se emplea circulación extracorpórea, demanda –según sus principios técnicos y las características e importancia del órgano implicado– que los pacientes sean estudiados previamente con rigurosidad, in-

cluidos algunos constituyentes de la composición corporal como la determinación de diferentes electrolitos, entre otros elementos. Tradicionalmente, en Cuba se determina la concentración plasmática de los electrolitos por métodos ionogasmétricos estandarizados, los que no siempre pueden ser utilizados, entre otros factores, por la no disponibilidad de equipos, reactivos y técnicas apropiadas, así como de un personal entrenado, a lo cual se suma su elevado costo^{4,5}. Además de los métodos ya mencionados, existen otros que miden la cantidad total de los principales iones de los líquidos orgánicos, pues permiten cuantificar la llamada masa intercambiable de un determinado ion y, por tanto, brindan una información más real sobre las concentraciones de estos electrolitos en el cuerpo humano.

Todo lo antes expuesto justifica los esfuerzos que se realizan en todo el mundo, principalmente en los países subdesarrollados, destinados a la búsqueda de métodos precisos y asequibles, que permitan realizar confiablemente estas determinaciones. La bioimpedancia eléctrica (BIE) deviene un procedimiento factible de utilizar por su exactitud, bajo costo, carácter incruento y aceptación por los pacientes⁶.

Al considerar que la cardiopatía isquémica, como enfermedad crónica no trasmisible, constituye una

prioridad para el Ministerio de Salud Pública cubano, y tomar en cuenta que esa afección tiene su génesis en el funcionamiento del corazón, para cuyo órgano es vital la composición iónica, en especial los electrolitos y sus concentraciones, se impuso la necesidad impostergable de establecer un método diagnóstico como la BIE, más ventajoso que los utilizados hasta el momento para estos fines, lo cual motivó llevar a cabo esta investigación.

MÉTODO

Se realizó un estudio longitudinal y prospectivo para determinar los valores de los electrolitos corporales totales mediante el método de la BIE en pacientes de 40 y más años de edad, de ambos sexos, con cardiopatía isquémica, a quienes se les efectuó cirugía de revascularización miocárdica sin circulación extracorpórea en el Centro Territorial de Cirugía Cardiovascular de Santiago de Cuba, durante el período comprendido desde enero hasta abril de 2015.

Procedimiento experimental

A los pacientes se les realizó una primera medición previa al acto quirúrgico, el día de la operación. Los registros se llevaron a cabo entre las 06:30 - 07:00 horas en un local climatizado a 23 grados Celsius y con una humedad ambiental de 60-65 %, en ayunas desde las 21:00 horas de la noche anterior, con la vejiga vacía. El interrogatorio y el examen físico estuvieron a cargo del personal médico, quienes midieron la talla y el peso corporal con un margen de error de 0,5 centímetros y 0,5 kilogramos, respectivamente, mediante la utilización de una balanza de modelo SECA SC de manufactura alemana, bien equilibrada, con tallímetro acoplado. Con los resultados del peso y la talla se calculó el índice de masa corporal ($IMC = \text{kg}/\text{talla}^2$ en metros).

Para medir los parámetros bioeléctricos se utilizó un equipo BioScan 98 (BioLógica Tecnología Médica SL, Barcelona, España [<http://www.bl-biologica.es>]), el cual fue calibrado diariamente antes del comienzo y terminación de las mediciones con un dispositivo de valores eléctricos conocidos (*phantom*) para un error de lectura de $\pm 1\%$. El BioScan emite una corriente de 800 μA (microamperes), a una frecuencia de 50 KHz, a través de los electrodos distales; en tanto la caída del voltaje (V) se detectó por los electrodos sensores proximales de acuerdo con la ley de Ohm.

Los registros se realizaron en decúbito supino,

sin almohada bajo la cabeza, sobre una superficie no conductora con los brazos separados del tórax y piernas sin contacto entre ellas; a los pacientes obesos se les colocó un paño no conductor entre los muslos. Los electrodos se colocaron después de limpiar la piel con alcohol y se ubicaron, según el método tetrapolar ipsilateral derecho, en las siguientes posiciones:

- Los estimuladores, en la zona medial de las superficies dorsales de la mano y el pie próximas a las articulaciones metacarpo y metatarsofalángicas.
- Los sensores, entre las epífisis distales del cúbito y el radio, a nivel de la eminencia pisciforme, así como en el punto medio entre ambos maléolos.

La distancia entre los electrodos estimuladores y sensores fue fija y no menor de 5 cm. La técnica de registro descrita se corresponde con lo recomendado por la *National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement (1994)*⁷.

La segunda medición se realizó en el postoperatorio mediato, al séptimo día de la intervención, siguiendo los mismos pasos explicados anteriormente.

Análisis estadístico

Para el análisis de la información se utilizó el sistema estadístico SPSS v. 12.0, con el cual se confeccionó la base de datos que fue procesada en este mismo sistema con ayuda de una computadora Pentium 5, de tercera generación. Como medida de resumen fueron utilizadas la media aritmética (\bar{x}) y la desviación estándar (DE). Los resultados obtenidos se reflejaron en tablas para facilitar su comprensión y análisis.

El tratamiento estadístico de los datos se detalla a continuación:

Las pruebas de hipótesis de la media fueron realizadas con un nivel de significación $\alpha=0,05$, y se consideraron diferencias significativas cuando $p<0,05$.

Para comparar los valores promedio de las variables bioquímicas de interés determinadas en el estudio, fueron tomados como referativos los promedios del intervalo de lo normal para ambos sexos de la población supuestamente sana (de referencia)⁸.

Para determinar si las variables aleatorias estimadas (niveles de electrolitos) en los pacientes estudiados se correspondían o no con una distribución de probabilidades normal o de Gauss, se aplicó la prueba de Kolgomorov-Smirnov para la bondad

del ajuste.

La hipótesis de que el nivel medio de las variables bioquímicas de los pacientes cardiopatas estudiados, antes y después de la intervención quirúrgica, era el mismo que el de la población supuestamente sana (de referencia)⁸, fue comprobada mediante la prueba *t*.

Para constatar si existían cambios en los niveles de los electrolitos estudiados se utilizó la prueba de diferencias de medias apareadas entre las mediciones antes (preoperatorio) y al séptimo día (postoperatorio) de la intervención quirúrgica.

Los intervalos de los valores de electrolitos fuera de lo esperado en una población con cardiopatía isquémica se obtuvieron mediante el cálculo de intervalo de confianza al 95%, calculado por $\pm t s/\sqrt{n}$, donde la *t* fue tomada en la tabla de la distribución *t* de Student⁹ con: $GL=n-1$ y $nc=95\%$, en la que *GL* son los grados de libertad y *nc* el nivel de confianza.

RESULTADOS

En los pacientes con cardiopatía isquémica estudiados preva-

leció el sexo masculino. La **tabla 1** muestra que en ambos sexos predominan los que se encuentran en los grupos de edad de 50 a 59, y de 60 y más años.

Al evaluar los electrolitos analizados en el período preoperatorio y compararlos con los valores correspondientes a individuos supuestamente sanos (**Tabla 2**), se encontraron diferencias significativas entre el sodio ($2984,98 \pm 426,3$ vs. $3349,7 \pm 805,0$ mmol) y el potasio ($3076,75 \pm 265,06$ vs. $3251,3 \pm 593,85$ mmol) intercambiables, dadas por valores disminuidos respecto a los previamente establecidos para una población normal a esas edades.

Siete días posteriores al acto quirúrgico, los valores de sodio intercambiables continuaron disminuidos significativamente en los pacientes respecto a

Tabla 1. Pacientes según edad y sexo.

Edad (años)	Sexo				Total	
	Masculino		Femenino		Nº	%*
	Nº	%*	Nº	%*		
40 – 49	3	8,4	1	16,7	4	9,5
50 – 59	20	55,5	3	50,0	23	54,8
60 y más	13	36,1	2	33,3	15	35,7
Total	36	100,0	6	100,0	42	100,0

* Porcentajes calculados por columnas.

Fuente: Planilla de recolección de datos

Tabla 2. Valores descriptivos según electrolitos en el período preoperatorio y significación de cambios respecto a patrones de referencia.

Electrolitos (mmol)	Período preoperatorio (N=42; $\bar{x} \pm DE$)	Referencia (N=1080; $\bar{x} \pm DE$)	t	p
Sodio intercambiable	2984,98 \pm 426,3	3349,7 \pm 805,0	2,9	0,0036
Potasio intercambiable	3076,75 \pm 265,06	3251,3 \pm 593,85	3,9	0,0002
Calcio corporal total	9,01 \pm 1,48	9,25 \pm 1,31	1,03	0,3

DE, desviación estándar

Tabla 3. Valores descriptivos según electrolitos en el período postoperatorio y significación de cambios respecto a patrones de referencia.

Electrolitos (mmol)	Período postoperatorio N=42; $\bar{x} \pm DE$	Referencia N=1080; $\bar{x} \pm DE$	t	p
Sodio intercambiable	3097,5 \pm 447,29	3349,7 \pm 805,0	2,02	0,04
Potasio intercambiable	3192,5 \pm 250,8	3251,3 \pm 593,85	1,37	0,17
Calcio corporal total	9,2 \pm 1,70	9,25 \pm 1,31	0,23	0,8

DE, desviación estándar

Tabla 4. Significación de los cambios de los electrolitos en los períodos pre y postoperatorio.

Electrolitos (mmol)	Preoperatorio N=42; $\bar{x} \pm DE$	Posoperatorio N=42; $\bar{x} \pm DE$	t	p
Sodio intercambiable	2984,98 \pm 426,3	3097,5 \pm 447,29	-5,804	<0,001
Potasio intercambiable	3076,75 \pm 265,0	3192,5 \pm 250,80	-6,5	0,01
Calcio corporal total	9,01 \pm 1,48	9,2 \pm 1,70	-0,5	0,58

DE, desviación estándar

los niveles de referencia (3097,5 \pm 447,29 mmol; p=0,04), pero no los del potasio intercambiable (3192,5 \pm 250,8 vs. 3251,3 \pm 593,85; p=0,17) y el calcio corporal total (9,2 \pm 1,70 vs. 9,25 \pm 1,31; p=0,8), que no mostraron diferencias significativas (**Tabla 3**).

Al analizar los valores de electrolitos antes y después de la intervención quirúrgica en los pacientes seleccionados (**Tabla 4**), se incrementan los niveles de todos los electrolitos, aunque solo presentaron diferencias significativas el sodio (p<0,001) y el potasio (p=0,01) intercambiables.

DISCUSIÓN

La edad y el sexo son variables demográficas que influyen en la aparición de las afecciones padecidas por los integrantes de esta casuística^{2,10,11}. Nuestros resultados coinciden con la literatura, donde se plantea el predominio de los pacientes de 50-59 años con cardiopatía isquémica, seguidos por los de 60 y más, lo cual se corresponde con lo descrito en otras investigaciones¹²⁻¹⁴, donde se afirma que es a estas edades cuando suelen manifestarse clínicamente las enfermedades isquémicas del corazón.

Igualmente puede apreciarse la primacía de los hombres, hallazgo que concuerda con lo universalmente aceptado. Los varones son los más afectados por la cardiopatía isquémica, atribuible a una mayor tendencia a exponerse a factores de riesgo, como el hábito de fumar y el consumo de bebidas alcohólicas¹³⁻¹⁵.

Los hallazgos en relación con los valores disminuidos de sodio intercambiable en el preoperatorio pudieran explicarse a partir del hecho de que la hiponatremia es el trastorno electrolítico más frecuente en alrededor del 30% de los pacientes internados en áreas críticas, con un elevado índice de defunciones, así como hasta en 40% de los ingresados en unidades de cuidados intensivos, por lo cual deviene una variable independiente asociada a la morbilidad y mortalidad¹⁶. La causa de la hipo-

natremia pudiera quizás atribuirse al uso sostenido de diuréticos para prevenir los edemas, que reducen la reabsorción de sodio en los túbulos renales, y provocan natiuresis^{17,18}.

Una posible explicación de los resultados respecto a la disminución del potasio intercambiable en estos pacientes durante el período preoperatorio, pudiera ser consecuencia de trastornos renales, diarreas, consumo de antibióticos o diuréticos¹⁸; se considera que esto último es la probable causa de lo obtenido en esta investigación.

Los valores del potasio intercambiable en los estados pre y postoperatorio pudieran obedecer al período de catabolismo que se inicia con la operación y al cambio por anabolismo, descrito como la fase de extracción de corticoides por identificarse a través de una diuresis de sodio espontánea y libre de agua, un balance positivo de potasio y una disminución en la excreción de nitrógeno; intervalo transicional que abarca entre uno y dos días. En ese contexto, según Marín *et al*¹⁵ y otros autores¹⁹, el paciente entra en un prolongado período de anabolismo temprano y ganancia de peso.

CONCLUSIONES

Antes y después de la cirugía, el sodio y el potasio intercambiables mostraron valores por debajo de los estándares, aunque no siempre esta variación resultó significativa, sobre todo en el período postoperatorio, cuando se observó una tendencia a la normalidad. El calcio no tuvo diferencia significativa con la población de referencia, ni entre el pre y el postoperatorio en los pacientes con cardiopatía isquémica en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ministerio de Salud Pública. Anuario Estadístico de Salud 2015. La Habana: Dirección de Registros

- Médicos y Estadísticas en Salud; 2016.
- Perdomo García FJ, Martínez Muñoz JO, Torralbas Reverón FE, Machín Rodríguez JC, Ávalos Carranza G. Cirugía coronaria sin circulación extracorpórea en el Cardiocentro de Santiago de Cuba durante el trienio 2007-2009. MEDISAN [Internet]. 2011 [citado 15 Oct 2017];15(12):1705-13. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v15n12/san041211.pdf>
 - González Jiménez JN. Cirugía cardiovascular y trasplantología. Apuntes históricos. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2012. p. 2-30.
 - Carvajal-Veitía W, Deturnell-Campos Y, Echevarría-García I, Martínez-Acosta M, Castillo-Rodríguez ME. Protocolo de valoración de la composición corporal para el control cineantropométrico del entrenamiento deportivo. Documento de consenso del Departamento de Cineantropometría del Instituto de Medicina del Deporte de Cuba. Rev Cubana Med Dep Cult Fís [Internet]. 2011 [citado 15 Oct 2017];5(3). Disponible en: <https://es.scribd.com/document/106156571/Protocolo-de-valoracion-de-la-composicion-corporal>
 - Alvero-Cruz JR, Correas Gómez L, Ronconi M, Fernández Vázquez R, Porta i Manzanido J. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal, normas prácticas de utilización. Rev Andal Med Deporte. 2011; 4(4):167-74.
 - López Calbet JA, Dorado García C, Chavarren Cabrero J. Evaluación de la composición corporal mediante absorciometría fotónica dual de rayos X: Aplicaciones y limitaciones en el ámbito del deporte. En: Aguado Garnelo JL, Ed. Métodos de estudio de composición corporal en deportistas. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; 2003. p. 55-79.
 - Ellis KJ, Bell SJ, Chertow GM, Chumlea WC, Knox TA, Kotler DP, et al. Bioelectrical impedance methods in clinical research: a follow-up to the NIH Technology Assessment Conference. Nutrition. 1999;15(11-12):874-80.
 - Núñez Bourón AI, Lara Lafargue A, Morales Larramendi R. Determinación de agua y electrolitos por el método de bioimpedancia eléctrica en una población de referencia. Santiago de Cuba: CNEA; 2007.
 - Centro de Cibernética aplicada a la Medicina (CECAM). Informática Médica. T2. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2004. p. 629.
 - De Sequera Ortíz P, Alcazar Arroyo R, Albalate Ramon M. Trastornos del potasio [Internet]. En: Lorenzo V, López Gómez JM, Eds. Nefrología al Día. Madrid: Sociedad Española de Nefrología; 2015 [citado 10 Oct 2017]. Disponible en: <http://revistanefrologia.com/es-monografias-nefrologia-dia-pdf-monografia-20>
 - Pascual Figal DA. Cardiología clínica. En Gómez Hospital JA, Ed. Libro-Guía del residente de Cardiología. Madrid: Acción Médica; 2007. p. 11-17.
 - Mesa Díaz ME, Rizo Rodríguez R, Núñez Bourón AI, Pupo Leyte AB. Modificaciones del agua extracelular en cardiopatas isquémicos susceptibles a cirugía correctora sin circulación extracorpórea. Rev Electron Portales Méd [Internet]. 2013 [citado 15 Oct 2017];8(14):582. Disponible en: <https://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/agua-extracelular-cardiopatas-circulacion-extracorporea/>
 - Aldama Pérez LI, Cuba Rodríguez AL, Ravelo Llanes K, Pedroso Morales I, Padrón Pazo R, Rocha Quintana M. Rehabilitación cardiovascular en pacientes con insuficiencia cardíaca crónica de etiología isquémica. Rev Cubana Invest Bioméd [Internet]. 2012 [citado 15 Oct 2017];31(4): 437-46. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v31n4/ibi04412.pdf>
 - Albert Cabrera MJ, Montano Luna JA, Prieto Díaz VI, Céspedes Lantigua LA. Problemas más frecuentes del sistema cardiovascular. En: Álvarez Sintés R. Medicina General Integral. Vol 4. 3ra. ed. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2014. p. 1113-7.
 - Marín F, Díaz-Castro O, Ruiz-Nodar JM, García de la Villa B, Sionis A, López J, et al. Actualización en cardiopatía isquémica y cuidados críticos cardiológicos. Rev Esp Cardiol. 2014;67(2):120-6.
 - Zubia Olaskoaga F. Cuidados postoperatorios en cirugía torácica. En: Montejo JC, García de Lorenzo A, Marco P, Ortiz C. Manual de Medicina Intensiva. 4ta ed. Madrid: Elsevier; 2013.
 - Quintana Setién C. Hipertensión arterial. En: Vicente Peña E, Rodríguez Porto AL, Sánchez Zulueta E, Quintana López L, Riverón González JM, Ledo Groguez D, et al. Diagnóstico y tratamiento en Medicina Interna. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2012. p. 79-96.
 - Fernández Reverón F. Alteraciones de los equilibrios hidromineral y ácido base. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2015. p. 11,32-73.
 - Pardo Gómez G, García Gutiérrez A. Temas de cirugía. T1. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2011. p. 1-3.