

Hospital Provincial Docente "Saturnino Lora"

Valores de parámetros eléctricos seleccionados mediante bioimpedancia eléctrica en una población cubana de referencia

Dr. Ricardo Morales Larramendi,¹ Dra. Ana Ibis Núñez Bourón,² Dra. Ana Caridad Román Montoya,³ Ing. Alcibiades Lara Lafargue⁴ y MSc. Guillermo Vaillant Suárez⁵

Las poblaciones humanas están sujetas a variaciones biológicas intrínsecas, de modo que para considerar un valor medido como normal, se impone compararlo con los de otros individuos catalogados como estándares (intervalo de lo normal); basados en la suposición de que un valor concreto normal deba ser similar a los de otros individuos considerados normales. Es por ello que el concepto de intervalo de lo normal representa un esfuerzo para medir y cuantificar el intervalo de valores que existen en individuos categorizados como estándares.

Este intervalo excluye a propósito a 5 % de los individuos considerados de referencia, con el fin de crear un intervalo de lo normal suficientemente amplio para describir la mayor parte de las mediciones de las personas estándares, pero no tan amplio como para incluir todos los posibles valores numéricos, pues no permitiría separar a los estándares de los que no lo son. El intervalo de lo normal es descriptivo y no diagnóstico y los valores que se encuentran fuera de él, podrían ser el resultado de la variación debida al azar, a cambios fisiológicos no asociados con la enfermedad o a cambios patológicos consecutivos a la afección.¹

En Cuba no están establecidas las variaciones biológicas de la población para el método de la bioimpedancia eléctrica (BIA) a 50 kHz, los intervalos de lo normal de los parámetros eléctricos en serie impedancia (Z), resistencia (R), reactancia (Xc) ni de otros en paralelo (normalizados con la talla), así como del ángulo de fase (ϕ) de la población, lo cual constituye el objetivo de nuestro trabajo por su originalidad e importancia médica, económica y social.

Este estudio se desarrolla por vez primera y es el único de su tipo en Cuba.

Métodos

Del estudio de la población de la provincia de Santiago de Cuba mediante impedancia bioeléctrica corporal total que se lleva a cabo por parte del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Oriente y del Hospital Provincial Docente "Saturnino Lora"; se realizó un corte en 3 841 personas comprendidas entre 17 y 97 años de edad, de donde se excluyeron (excepto los sobrepeso) los que pudiesen presentar una alteración en la distribución del agua corporal por enfermedades (insuficiencia cardíaca congestiva, infarto del miocardio, cirrosis hepática, insuficiencia renal crónica, diabetes mellitus, enfermedad tiroidea, lupus eritematoso sistémico y otras), ingiriesen diuréticos o esteroides.

En ninguno de los incluidos se comprobó la presencia de edemas y en las mujeres se consideró la fase del ciclo menstrual en que se encontraban.² Tampoco conformaron la serie los que padecían afecciones no generalizadas del sistema nervioso (accidente vascular encefálico), generalizadas de la piel, asimetrías corporales (con amputaciones) o tenían colocados dispositivos electrónicos (marcapasos). El protocolo quedó aprobado por el Consejo Científico de los centros y se obtuvo por escrito el consentimiento de todos los integrantes, previo a la aplicación del método.

Técnica de medida

El estudio fue realizado en horas de la mañana por un personal entrenado, en un local climatizado a 23 °C y con humedad ambiental de 60-65 %, en sujetos en ayuno previo por 2 horas como mínimo, con la vejiga vacía y que no hubiesen practicado ejercicio físico o consumido alcohol en las 12 horas anteriores. El interrogatorio y examen físico estuvieron a cargo del personal médico, quienes midieron la talla al 0,5 cm más cercano y el peso al 0,5 kg más cercano en una balanza SMIC "Health Scale" de manufactura china, que es el modelo utilizado por el Ministerio de Salud Pública cubano.

Se colocó a las personas en decúbito supino, sin almohada en la cabeza, sobre una superficie no conductora y manteniéndolas vestidas, pero sin zapatos, medias u objetos metálicos (prendas), con un tiempo de recumbencia siempre menor de 10 minutos. Las extremidades se ubicaron formando un ángulo de alrededor de 30° entre los brazos y el tronco y de 45° entre una pierna y la otra; pero en el caso de individuos con sobrepeso, que no podían mantener las piernas sin contacto entre ellas, bastó con situar un elemento aislante (tela seca) entre ambas.

Los electrodos pregelificados de plata/cloruro de plata (Ag/ClAg), con un área circular de contacto de 10 mm de diámetro, marca SSS de fabricación china y similares a los empleados en electrocardiografía, se colocaron según el método tetrapolar ipsilateral derecho para minimizar la impedancia por contacto entre la piel y los electrodos. Luego de desgrasar la piel con alcohol, se situaron los estimuladores en posición medial de las superficies dorsales de las manos y los pies, próximas a las articulaciones metacarpofalángicas y metatarsofalángicas. Los electrodos sensores se ubicaron entre las epífisis distales del cúbito y el radio, al nivel de la eminencia pisciforme, así como en el punto medio entre ambos maléolos, respectivamente. La distancia entre los electrodos sensores y estimuladores fue de 5 cm.

El equipo BioScan 98® (Biológica Tecnología Médica S.L., BL_960141, Barcelona, España. URL: <http://www.bl-biologica.es>), que cumple con las normas de la Comunidad Económica Europea, se calibró diariamente antes de comenzar y al finalizar las medidas con un dispositivo de valores eléctricos conocidos (*phantom*), de forma tal que su error de lectura fue de $\pm 1\%$. El BioScan inyecta una corriente de 800 μA a una frecuencia de 50 kHz a través de los electrodos distales estimuladores, en tanto la caída de voltaje (V) es sensada por los electrodos sensores proximales, de acuerdo con la ley de Ohm ($Z = V/I$).

Todo lo anterior se corresponde con lo recomendado para la determinación de la bioimpedancia corporal total por la *National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement* de 1994.³

Los sujetos estudiados fueron clasificados por sexos (masculino y femenino), color de la piel (blanca, negra, mestiza) y grupos etáreos (< 20; 20 a 29; 30 a 39; 40 a 49; 50 a 59 y 60 y más años). Con los resultados del peso y la talla se calculó el índice de masa corporal ($\text{BMI} = \text{Kg}/\text{talla}^2$ en metros), que permitió categorizar el peso corporal como bajo (< 18,5 kg/m^2), normopeso (18,5 a 29,9 kg/m^2) y sobrepeso ($\geq 30 \text{ kg}/\text{m}^2$) [4].

Además de los parámetros medidos en serie por el equipo [impedancia (Z), resistencia (R), reactancia (Xc) y ángulo de fase (ϕ)], se estimaron R y Xc en paralelo y la capacidad de membrana (Cm) mediante las siguientes fórmulas:

$$R_{\text{ en paralelo}} = R + \frac{Xc^2}{R}$$

$$Xc_{\text{ en paralelo}} = Xc + \frac{R^2}{Xc}$$

$$\text{Capacidad de membrana} = \frac{1}{2\pi f Xc}$$

R y Xc en Ohm (Ω), f en Hertzios (Hz) y capacidad de membrana (Cm) en Farad.

Las mediciones fueron validadas con las de un equipo *RJL System Model BIA 101 Analyzer*.

Los resultados en Ω de los parámetros eléctricos se normalizaron con la talla (Ω/m) para hacerlos comparables entre individuos.

Método estadístico

La distribución de los valores se realizó en percentiles, de modo que los incluidos en los enmarcados entre 5 y 95 fueron tomados como intervalos de lo normal.

Se calculó el coeficiente de variación (CV) de las variables por sexos mediante $CV = \text{Desviación estándar} * 100 / \text{media}$.

Todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante el programa SPSS/Windows versión 13, SPSS Inc. (Chicago, Illinois, EE.UU.).

Resultados

En los 3 841 sujetos estudiados, 1 785 (46,5 %) pertenecían al sexo masculino y 2 056 (53,5 %) al femenino. Según el color de la piel, en 959 (25,0 %) era blanca; 1 189 (31,0 %), negra y 1 693 (44,1 %), mestiza. El BMI permitió catalogar como bajo peso a 289 (7,5 %), normopeso a 3 295 (85,8 %) y sobrepeso a 257 (6,7 %). Los grupos étnicos se distribuyeron como se muestra en la **tabla 1**. En todos los incluidos en el estudio se comprobó una distribución normal del agua al presentar una relación Agua corporal total / Agua extracelular superior a 1,3. Al ser los resultados de R_{50} en serie y paralelo y los de Z_{50} (normalizados con la talla) similares, solo se presentan los del primero.

Tabla 1. Población estudiada según grupos étnicos y sexos

Grupos étnicos	Sexos		Total	%
	Masculino	Femenino		
< 20 años	387	990	1 377	35,9
20 - 29	353	233	586	15,3
30 - 39	440	317	757	19,7
40 - 49	297	267	564	14,7
50 - 59	138	127	265	6,9
60 años y más	170	122	292	7,6
Total	1 785 (46,5 %)	2 056 (53,5)	3 841	100,0

Cuando se analizaron los resultados del universo por sexos, los valores de los parámetros eléctricos correspondientes al femenino fueron superiores, excepto para el ángulo de fase (ϕ_{50}), la capacidad de membrana/talla (C_m/talla) y la relación $X_{C_{\text{talla}}}/R_{\text{talla}}$, donde el atribuible al masculino resultó ligeramente mayor (**tabla 2**). El coeficiente de variación de las variables siempre estuvo por encima en las mujeres.

Tabla 2. Percentiles según sexos en parámetros eléctricos por bioimpedancia

Variable (unidad)	Sexo	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
Z_{50}/talla (Ω/m)	M	239,6	295,8	367,4
	F	317,7	402,6	496,0
R_{50}/talla (Ω/m)	M	238,0	293,7	365,3
	F	315,8	400,2	493,5
$X_{C_{50}}/\text{talla}$ (Ω/m)	M	25,3	34,5	44,4
	F	32,5	44,9	58,9
ϕ_{50} ($^\circ$)	M	5,2	6,7	7,8
	F	5,2	6,4	7,4
$X_{C_{50}}$ paralelo/talla (Ω/m)	M	1 937,4	2 521,9	3 735,6
	F	2 684,5	3 597,8	4 765,7
C_m/talla (pF/m)	M	248,6	320,5	437,9
	F	214,3	279,9	395,9
Relación $X_{C_{\text{talla}}}/R_{\text{talla}}$	M	0,09	0,12	0,14
	F	0,09	0,11	0,13
Relación $X_{C_{\text{talla}}}/R_{\text{talla}}$ paralelo	M	7,28	8,43	11,06
	F	7,66	8,95	11,09

M = Masculino F = Femenino

Los valores de los parámetros eléctricos según color de la piel tendieron a ser más altos en la blanca, seguidos por los de la mestiza y finalmente por los de la negra, salvo para la C_m /talla y la relación $X_{C_{talla}}/R_{talla}$ paralelo en hombres, donde se invirtió este orden. Cuando se analizaron los valores según sexo/color de la piel, se obtuvieron diferencias con respecto a la primera variable, pero las de piel no fueron tan ostensibles (**tabla 3**).

Tabla 3. Percentiles según sexos y color de la piel en parámetros eléctricos por bioimpedancia

Variable (unidad)	Sexo	Color piel	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
R_{50} /talla (Ω/m)	M	B	246,0	298,7	371,6
		M	238,9	293,7	366,4
		N	234,1	288,6	353,9
	F	B	318,9	404,0	494,0
		M	319,7	403,5	500,0
		N	306,4	391,5	480,5
$X_{C_{50}}$ /talla (Ω/m)	M	B	25,8	35,2	44,7
		M	25,6	34,5	45,3
		N	24,9	33,7	42,9
	F	B	32,2	44,6	57,7
		M	33,3	45,8	59,4
		N	31,3	44,4	59,7
ϕ_{50} ($^\circ$)	M	B	4,8	6,8	7,8
		M	5,1	6,8	7,8
		N	5,3	6,7	7,7
	F	B	5,0	6,3	7,4
		M	5,2	6,4	7,4
		N	5,3	6,4	7,5
$X_{C_{50}}$ paralelo/talla (Ω/m)	M	B	1 958,8	2 557,3	3 893,1
		M	1 938,3	2 520,2	3 792,0
		N	1 930,2	2 495,3	3 478,4
	F	B	2 726,8	3 679,1	4 889,0
		M	2 727,7	3 620,4	4 730,9
		N	2 618,6	3 485,8	4 617,3
C_m /talla (pF/m)	M	B	246,9	316,9	426,3
		M	247,6	321,7	439,1
		N	252,6	321,1	440,3
	F	B	220,5	284,9	413,4
		M	215,0	278,6	391,4
		N	209,5	276,6	398,7
Relación $X_{C_{talla}}/R_{talla}$	M	B	0,08	0,11	0,14
		M	0,09	0,12	0,14
		N	0,09	0,11	0,14
	F	B	0,09	0,11	0,13
		M	0,09	0,11	0,13
		N	0,09	0,11	0,13
Relación $X_{C_{talla}}/R_{talla}$ paralelo	M	B	7,27	8,42	11,80
		M	7,26	8,43	11,10
		N	7,36	8,46	10,75
	F	B	7,71	9,04	11,32
		M	7,67	8,89	11,06
		N	7,64	8,90	10,85

B = Blanca, N = Negra, M = Mestiza

Una distribución análoga a la expuesta en la tabla anterior se encontró al evaluar los resultados según BMI (**tabla 4**), pues los valores de los catalogados como bajo peso superaron los de los normopeso y finalmente el del sobrepeso, excepto para el ϕ_{50} y Cm/talla, donde ocurrió a la inversa. En el análisis de los valores según sexo/BMI, se mantuvieron las diferencias impuestas por el sexo y el BMI, lo cual denota la influencia de ambas en los resultados del análisis por bioimpedancia.

Tabla 4. Percentiles según sexos y BMI en parámetros eléctricos por bioimpedancia

Variables	Sexos	BMI	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
$R_{50}/talla (\Omega/m)$	M	B	274,0	352,9	466,5
		N	243,2	294,1	360,1
		S	215,8	253,2	354,8
	F	B	370,3	449,9	542,6
		N	322,9	399,0	483,3
		S	276,6	335,0	423,2
$Xc_{50}/talla (\Omega/m)$	M	B	27,1	39,3	52,2
		N	25,8	34,6	43,9
		S	22,6	29,6	38,0
	F	B	38,6	51,6	64,5
		N	33,3	44,9	58,0
		S	26,1	36,6	47,6
$\phi_{50} (^{\circ})$	M	B	4,9	6,5	7,3
		N	5,2	6,8	7,8
		S	5,1	6,5	7,8
	F	B	5,3	6,5	7,6
		N	5,2	6,4	7,4
		S	4,7	6,1	7,2
$Xc_{50} \text{ paralelo}/talla (\Omega/m)$	M	B	2 465,5	3 088,2	4 959,0
		N	1 964,0	2 520,3	3 550,4
		S	1 790,5	2 228,7	4 695,4
	F	B	3 078,2	4 053,8	5 243,6
		N	2 754,5	3 578,5	4 683,4
		S	2 333,0	3 177,0	4 426,3
$Cm/talla (pF/m)$	M	B	215,9	274,9	417,3
		N	251,5	318,7	427,2
		S	294,4	375,7	505,3
	F	B	194,4	238,6	330,7
		N	219,2	280,2	389,7
		S	284,3	352,6	535,2
Relación Xc_{talla}/R_{talla}	M	B	0,09	0,11	0,13
		N	0,09	0,12	0,14
		S	0,09	0,11	0,14
	F	B	0,09	0,11	0,13
		N	0,09	0,11	0,13
		S	0,08	0,11	0,13
Relación Xc_{talla}/R_{talla} paralelo	M	B	7,77	8,74	11,61
		N	7,27	8,42	11,06
		S	7,34	8,71	11,18
	F	B	7,52	8,83	10,75
		N	7,68	8,96	11,08
		S	7,87	9,29	12,10

B = Bajo peso, N = Normopeso, S = Sobrepeso

La valoración por grupos etáreos y sexo/grupos etáreos muestra una tendencia al descenso progresivo de los valores a partir de los 20 años, con incremento subsiguientemente a partir de los 50 en los hombres y los 60 en las mujeres (**tabla 5, figura 1**).

Tabla 5. Percentiles según sexos y grupos etáreos en parámetros eléctricos por bioimpedancia

Variables	Sexos	Edades	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
R_{50}/talla (Ω/m)	M	<20	252,7	297,5	373,0
		20-29	244,0	294,7	355,2
		30-39	233,5	287,3	357,3
		40-49	230,6	284,0	351,2
		50-59	228,3	291,6	354,7
	60 y más	243,5	320,4	443,8	
	F	<20	346,6	420,4	506,3
		20-29	322,8	400,2	475,2
		30-39	291,2	377,2	458,7
		40-49	291,3	362,6	449,9
50-59		306,9	376,4	464,6	
60 y más	317,4	389,9	522,9		
X_{C50}/talla (Ω/talla)	M	<20	28,8	36,3	47,3
		20-29	27,4	35,3	44,4
		30-39	25,3	34,3	42,9
		40-49	25,1	33,8	42,0
		50-59	24,1	32,7	41,8
	60 y más	20,5	31,5	44,5	
	F	<20	38,4	49,4	61,4
		20-29	34,3	44,4	56,5
		30-39	30,3	41,2	53,7
		40-49	30,9	39,9	51,7
50-59		29,8	40,1	55,5	
60 y más	26,1	38,1	54,9		
ϕ_{50} ($^{\circ}$)	M	<20	6,1	6,9	7,8
		20-29	5,8	6,9	7,8
		30-39	5,5	6,8	7,9
		40-49	5,5	6,7	7,8
		50-59	5,2	6,6	7,4
	60 y más	4,3	5,5	6,9	
	F	<20	5,8	6,5	7,5
		20-29	5,3	6,3	7,4
		30-39	5,1	6,3	7,3
		40-49	5,1	6,2	7,3
50-59		4,9	6,1	7,5	
60 y más	4,5	5,3	6,8		
X_{C50} paralelo/talla (Ω)	M	<20	2 024,7	2 503,9	3 131,9
		20-29	1 924,2	2 490,7	3 160,6
		30-39	1 898,0	2 432,6	3 356,3
		40-49	1 880,9	2 483,4	3 267,0
		50-59	1 917,2	2 562,1	3 499,6
	60 y más	2 345,4	3 426,4	5 141,5	
	F	<20	2 870,9	3 657,4	4 614,3
		20-29	2 645,3	3 630,9	4 907,9
		30-39	2 525,0	3 442,6	4 836,4
		40-49	2 582,7	3 385,9	4 568,1
50-59		2 568,1	3 550,7	4 896,1	
60 y más	3 130,9	4 155,8	5 598,2		

Tabla 6. Percentiles según sexos y grupos etáreos en parámetros eléctricos por bioimpedancia

Variables	Sexos	Edades	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
Cm/talla (pF/m)	M	<20	236,6	308,0	385,3
		20-29	247,0	310,2	401,4
		30-39	245,4	317,0	423,5
		40-49	264,4	328,1	443,2
		50-59	264,1	342,0	459,0
		60 y más	269,8	378,6	543,2
	F	<20	207,2	258,2	324,6
		20-29	213,6	278,3	375,0
		30-39	236,4	300,0	407,6
		40-49	241,8	316,5	410,9
		50-59	231,3	320,5	443,7
		60 y más	243,9	352,7	531,0

M = Masculino F = Femenino

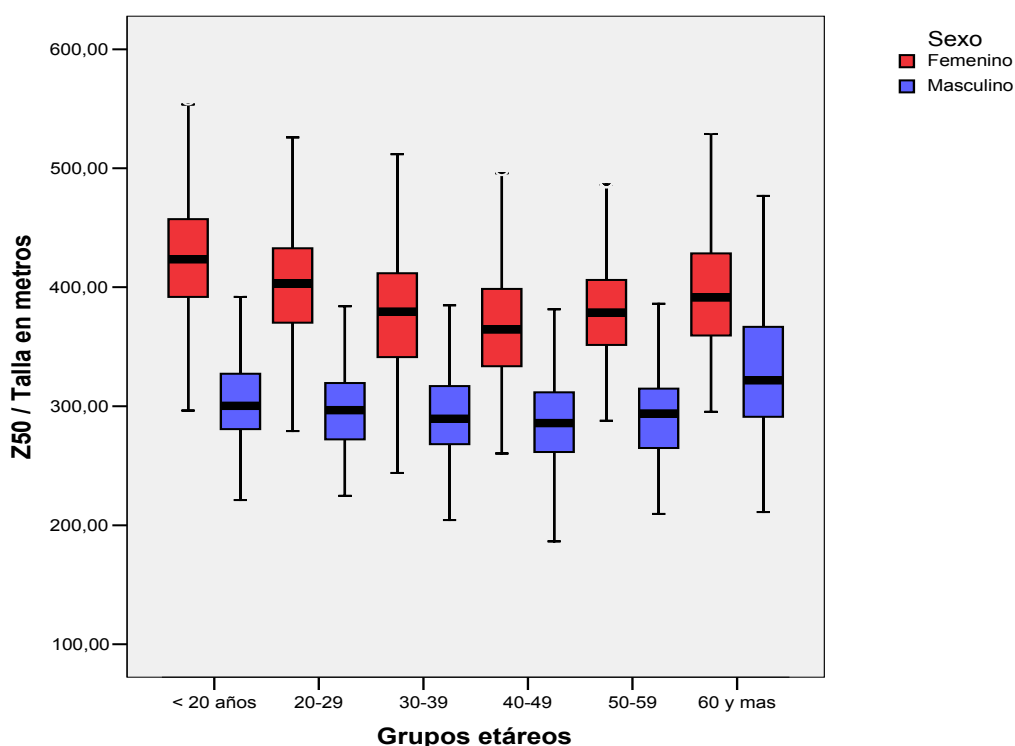


Figura 1. Resultados de Z/talla por grupos etáreos y sexos

El recorrido entre los percentiles 5 y 95 se utilizó como propuesta de intervalo de lo normal de los parámetros eléctricos considerados, lo cual se refleja en las **tablas 6 y 7**.

Tabla 7. Propuesta de intervalos de lo normal por sexos

	Sexo	Intervalos
Z ₅₀ /talla (Ω/m)	M	229,6 - 367,4
	F	317,7 - 496,0
R ₅₀ /talla (Ω/m)	M	238 - 365,3
	F	315,8 - 493,5
Xc ₅₀ /talla (Ω/m)	M	25,3 - 44,4
	F	32,5 - 58,9
φ ₅₀ (°)	M	5,2 - 7,8
	F	5,2 - 7,4
Xc ₅₀ paralelo/talla (Ω/m)	M	1 937,4 - 3 735,6
	F	2 684,5 - 4 765,7
Cm/talla (pF/m)	M	248,6 - 437,9
	F	214,3 - 395,9
Relación Xc _{talla} /R _{talla}	M	0,09 - 0,14
	F	0,09 - 0,13
Relación Xc _{talla} /R _{talla} paralelo	M	7,28 - 11,06
	F	7,66 - 11,09

M = Masculino F = Femenino

Todos estos resultados revelaron diferencias significativas al compararse con las de un grupo de 76 pacientes afectados por insuficiencia renal crónica, que se hallaban recibiendo tratamiento dialítico (resultados no mostrados).

Discusión

El análisis por bioimpedancia eléctrica (BIA) es un método que cumple los enunciados de Garrow (1982), pues resulta seguro, rápido, reproducible, simple en su ejecución, no invasivo, de coste limitado y preciso.⁵ Se utiliza en estudios amplios de la población, pero además evidencia las variaciones vinculadas a determinadas condiciones fisiológicas (crecimiento, embarazo, vejez, ejercicio físico y otras) y patológicas (traumatismos, edemas, sepsis, malnutrición por exceso o defecto y otras).

Se basa en las diferentes capacidades de conducción eléctrica de los tejidos magro (buen conductor) y graso (mal conductor) y se mide mediante la inyección de una corriente eléctrica alterna de bajo voltaje y amperaje en el organismo, evaluándose la diferencia de potencial resultante. La magnitud de esta corriente es lo suficientemente pequeña para que no sea percibida por el sujeto, pero a la vez evita las interferencias producidas por fuentes mioeléctricas por el movimiento, o externas como los equipos y luminarias que se utilizan habitualmente.

La conducción eléctrica biológica es de tipo iónica y está relacionada con las cantidades ionizadas de sales, bases y ácidos, sus concentraciones, movimiento y temperatura media de conducción.⁶ A este movimiento se le oponen la viscosidad y otros efectos, que eléctricamente pueden ser modelados como resistencias (R); pero además, la corriente eléctrica provee de carga a las membranas celulares, a otras interfases intercelulares y a los tejidos no iónicos, lo cual constituye una oposición adicional a su flujo (reactancia o Xc), que puede modelarse desde el punto de vista eléctrico como condensadores, de forma tal que la impedancia corporal (Z) está determinada por elementos resistivos y capacitivos (**figura 2**), así como constituida modularmente por 2 componentes (R y Xc), lo que se describe matemáticamente como vector real mediante la expresión:

$$Z^2 = R^2 + Xc^2 \text{ ó}$$

$$|Z| = \sqrt{(R^2 + Xc^2)}$$

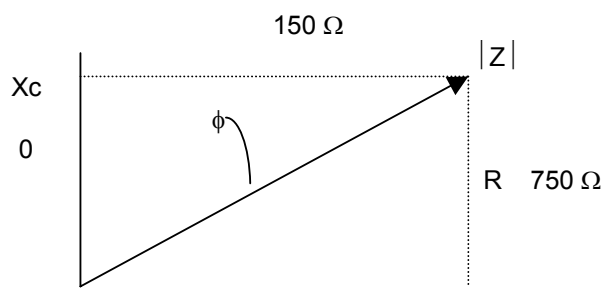


Figura 2. Representación gráfica de R vs. X_c
R: Resistencia X_c : Reactancia $|Z|$: Impedancia ϕ : Angulo de fase

La relación entre R y X_c se define por el llamado "ángulo de fase" (ϕ), que no es más que la arcotangente de la relación de X_c/R y se expresa en grados.⁷

Como las mediciones del equipo se realizan en serie y el modelo paralelo se considera una representación más fisiológica del cuerpo humano,⁸ se efectuaron las transformaciones anteriormente descritas en el acápite de Resultados.

La impedancia de un objeto depende de 3 factores: su geometría, su tamaño físico y sus propiedades intrínsecas.⁹ Como Z /talla es la impedancia por metro, por área de sección transversal del conductor, esto explica los resultados por sexos (mayor área transversal en hombres, lo que genera menor resistencia) según BMI (mayor área transversal en sobrepeso) y según la edad (mayor área transversal en adultos).

Con referencia al sexo, los resultados preliminares se corresponden con lo notificado en la bibliografía¹⁰ y los valores superiores en mujeres se atribuyen a su menor área transversal con respecto a los hombres (diferencia geométrica), además de su mayor variabilidad en composición corporal (puesto en evidencia por su mayor coeficiente de variación) e hidratación de tejidos por influencias hormonales complejas. Aunque los grupos étnicos se utilizan para clasificaciones culturales y las razas para clasificaciones biológicas, las razas puras no existen en el sentido de poblaciones homogéneas, por lo que antropológicamente se rechazan. Es por ello, y por la gran mezcla de razas en la provincia de Santiago de Cuba, que se analizaron los resultados según color de la piel, sin obtenerse diferencias. La literatura notifica que la composición corporal varía según el grupo racial, ya que entre otras diferencias, la densidad corporal, la masa muscular esquelética, el contenido mineral, la densidad ósea y el peso del esqueleto son mayores en los negros; mientras que estos tienen menos grasa subcutánea en sus extremidades y partes laterales y posteriores del tronco, pero en general más grasa en la parte superior de este último.

Los individuos negros suelen ser mesomorfos, con el tórax más corto y las extremidades más largas que los blancos. Como la impedancia corporal depende en 90 % de la de las extremidades y solo 10 % de la del tronco, aunque este constituye anatómicamente 46 % del cuerpo, las diferentes longitudes de extremidades entre grupos raciales debieran tomarse en consideración al examinar resultados del BIA interétnicos.^{11, 12}

En el análisis según BMI, las diferencias geométricas explican la menor cuantía de los resultados en sobrepeso (mayor área transversal) y mayor en magros del mismo género (menor área transversal).⁹

En 1999, Antonio Piccoli *et al*¹³ describieron los valores decrecientes de la impedancia con la edad, lo que consideraron como expresión de la "maduración eléctrica de los tejidos", mientras que Ward y Heitmann¹⁴ estimaron que esto representa el incremento del tamaño corporal, independientemente de cualquier cambio inherente en las propiedades eléctricas del tejido. Posteriormente Piccoli¹⁵ rectificó sus conclusiones y aseveró que la disminución progresiva de los valores de impedancia con la edad, es consecuencia de los cambios geométricos que se suceden, por lo cual los resultados obtenidos revelan una tendencia decreciente (que comenzó a partir de la niñez), con elevación en las edades ulteriores de la vida. Eso mismo pudo apreciarse en los resultados de esta investigación.

Los resultados de los estudios de grupos de poblaciones se expresan muchas veces como *tablas de referencia*, que presentan los datos como:

- a) Un valor promedio.
- b) Como media y desviación estándar: Tiene la desventaja de que asume una distribución estadística gaussiana o normalmente distribuida, lo que no siempre es cierto.
- c) Percentiles: Es la mejor forma de exponer los resultados, ya que los estudios de variables poblacionales muestran casi siempre una distribución asimétrica, por lo cual los individuos ubicados en el percentil 50 se encuentran en medio del grupo, mientras que los situados entre los percentiles 5 y 95 se consideran normales.¹⁶

Es por ello que presentamos como percentiles la propuesta de intervalos de lo normal para valores por bioimpedancia eléctrica en la población de la provincia de Santiago de Cuba (**tabla 6**), lo que se obtiene por vez primera en el país y sirve como referencia para evaluar los valores fuera de lo esperado en una población adulta.

Limitaciones del estudio

Los sujetos incluidos en esta investigación no fueron seleccionados aleatoriamente según estratos poblacionales, por lo que la presente investigación no constituye un estudio poblacional cubano, al no haberse realizado un diseño muestral con este objetivo. En general, eran individuos con buena salud referida, sin alteraciones en el examen físico, pero que tal vez pudieran no ser representativos de toda la población. La marcada mezcla racial de la población estudiada pudiera provocar que la clasificación según color de la piel no sea todo lo fiel necesaria.

El estudio es a monofrecuencia, por lo cual debe realizarse uno similar mediante espectroscopia de impedancia, que permita profundizar en los resultados.

Referencias bibliográficas

1. Riegelman RK, Hirsch RP. ¿Cómo estudiar un estudio y probar una prueba?: lectura científica de la literatura médica. 2 ed. Washington, DC: OPS, 1992:101-9. (Publicación científica: nr 531)
2. Gleichauf CN, Roe DA. The menstrual cycle's effect on the reliability of bioimpedance measurements for assessing body composition. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 903-7.
3. National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement. December 12-14, 1994: 1-35.
4. Ferro-Luzzi AS, Franklin M, James WPT. A simplified approach to assessing adult chronic energy deficiency. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46:173-86.
5. Thomas BJ, Cornish BH. Bioelectrical impedance analysis for measurement of body fluid volumes: A review. *J Clin Engin* 1992; 17(6): 505-10.
6. Grimnes S, Martinsen G. Bioimpedance and bioelectricity basics. London: Academic Press, 2000.
7. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr* 1988; 48: 16-23.
8. 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
9. Foster KR, Lukaski HC. Whole body impedance - what does it measure? *Am J Clin Nutr* 1996; 64 suppl: 338S-96S.
10. Piccoli A, Pillon L, Dumler F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index and age in United States: standard reference intervals as bivariate Z scores. *Nutrition* 2002;18:153-67.
11. Deurenberg P, Deurenberg-Yapb M. Differences in body-composition assumptions across ethnic groups: practical consequences. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2001; 4:377-83.
12. Wagner DR, Heyward VH. Measures of body composition in blacks and whites: A comparative review. *Am J Clin Nutr* 2000; 71(6): 1392-1402.
13. Piccoli A, Pillon L, Pisanello L, Zacchelo G. Electrical maturation trajectory of human tissues identified by bioelectrical impedance vector analysis. *Nutrition* 1999; 15(1): 77-8.
14. Ward LC. BL: Electrical maturation trajectory of human tissues identified by bioelectrical impedance vector analysis. Letter to the editor. *Nutrition* 2000; 16: 319-20.
15. Piccoli A. Electrical maturation trajectory of human tissues identified by bioelectrical impedance vector analysis. Author's response. *Nutrition* 2000; 16:320-1.

16. Heymsfield SB, Tighe A, Wang Z. Nutritional assessment by anthropometric and biochemical methods. En: Shils ME, Olson JA, Shike M (eds.). Modern nutrition in health and disease. Philadelphia: Lea and Febiger, 1994; vol 1:812-41.

Dirección particular: Dr. Ricardo Morales Larramendi. Carretera Central y Calle 4^{ta}. Santiago de Cuba, CP 90400

Dirección electrónica: rml470425@yahoo.com

¹ **Especialista de II Grado en Medicina Interna. Especialista de II Grado en Medicina Intensiva y Emergencias. Profesor Auxiliar**

Hospital Provincial Docente "Saturnino Lora"

² **Especialista de I Grado en Fisiología Normal y Patológica**

Hospital Provincial Docente "Saturnino Lora"

³ **Médico General**

Hospital Provincial Docente "Saturnino Lora"

⁴ **Ingeniero en Control Automático. Profesor Asistente**

Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente

⁵ **Especialista de II Grado en Pediatría. Máster en Atención Integral al Niño. Profesor Auxiliar**

Dirección Provincial de Salud

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Morales Larramendi R, Núñez Bourón AI, Román Montoya AC, Lara Lafargue A, Vaillant Suárez G. Valores de parámetros eléctricos seleccionados mediante de bioimpedancia eléctrica en una población cubana de referencia [artículo en línea]. MEDISAN 2008;12(2). <http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol12_2_08/san03208.htm>[consulta: fecha de acceso].