

# Utilidad de la cineantropometría y la bioimpedancia para orientar la composición corporal y los hábitos de los futbolistas

## Utility kinanthropometry and bioimpedance to guide body composition and habits of the players

García-Soidan, J.L.; López Pazos, J.; Ogando Bera, H.; Fernández Balea, A.; Padrón Cabo, A, y Prieto Troncoso, J.

Universidade de Vigo

**Resumen:** El objetivo de esta investigación fue el de ajustar la información aportada por dos técnicas, cineantropometría y bioimpedancia, para orientar el estado nutricional, los perfiles de rendimiento basados en la composición corporal y el estado de salud de 66 futbolistas amateur. La utilización de ambos métodos aislados, aunque ofrecen datos importantes para el futbolista, no es sino su utilización conjunta la que permite establecer un adecuado diagnóstico de la situación nutricional y composición corporal del futbolista. La antropometría nos permite situar las dimensiones corporales en el espacio, mientras que la bioimpedancia nos permite además evaluar el metabolismo basal y la distribución del agua intra y extracelularmente, detectando posibles edemas, distribución del agua en las distintas regiones del organismo, de forma que ambos métodos en conjunto, brindan una información complementaria importante, que nos permite evaluar además la salud y los posibles ajustes en la alimentación e hidratación del futbolista.

**Palabras clave:** Somatotipo, antropometría, hidratación.

**Abstract:** The aim of this work was to adjust the information contributed by two technologies, kineanthropometry and bioimpedance, to orientate the nutritional condition, the profiles of performance based on the corporal composition and the health situation of 66 amateur soccer players. The utilization of both isolated methods, though they offer important information for the soccer player, is their combined utilization that allows to establish a suitable diagnosis of the nutritional situation and corporal composition of the soccer players. The kineanthropometry allows us to place the corporal dimensions in the space, whereas the bioimpedance allows us to evaluate in addition the basal metabolism and the distribution of the intra and extracellular water, detecting possible edemas, distribution of the water in the different body regions, so that both methods as a whole, they offer an important complementary information, which allows us to evaluate in addition the health and the possible adjustments in the supply and hydration of the soccer players.

**Keywords:** Somatotype, anthropometry, hydration.

### Introducción

La cineantropometría nos permite evaluar la composición corporal, morfología, estado nutricional y proporciones del deportista, y con estos datos podemos orientarlo hacia los parámetros de máximo rendimiento de su deporte, que presentan los deportistas de élite. También nos permite comprobar en los jóvenes deportistas la simetría de su desarrollo corporal y detectar a tiempo, posibles desviaciones en el aparato locomotor (Nahrstaedt, Schauer, Shalaby, Hesse & Raisch, 2008; Nescolarde, Yanguas, Medina, Rodas & Rosell-Ferrer, 2011).

Distintos métodos, técnicas y ecuaciones se han utilizado para intentar evaluar correctamente la composición corporal de los deportistas, entre los cuales destaca la Densitometría ósea utilizando rayos X (DEXA), agua marcada con deuterio, bio-impedancia y cineantropometría, entre otros. Estos dos últimos, son métodos muy utilizados en la actualidad debido a su reducido precio, técnica sencilla, validez y reproducibilidad (Borges, et al., 2012; Strain, et al., 2008).

Respecto a la cineantropometría, el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) ha protocolizado la técnica que aparece recogida en el manual de cineantropometría (Esparza, 1993) y la International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK, 2001; Norton, et al., 1996) elaboró los estándares internacionales de comparación antropométrica. Con esta técnica y valores de referencia podemos medir los pliegues de grasa, perímetros musculares y diámetros óseos, y de esta forma establecer el somatotipo (representación gráfica de las dimensiones corporales) del deportista, desde las etapas de formación, hasta el máximo rendimiento deportivo, permitiendo comparar a cada deportista consigo mismo (su evolución) y con los deportistas de mayor éxito en su deporte.

La bioimpedancia eléctrica mide la resistencia al flujo de distintas corrientes eléctricas por las regiones corporales. La resistencia será mayor en individuos con grandes cantidades de grasa, ya que esta conduce débilmente la electricidad, debido a que tiene poca cantidad de agua, mientras que los tejidos bien hidratados (como el músculo) son

buenos conductores. La bioimpedancia asume que el cuerpo es un cilindro conductor con una longitud proporcional a la altura del deportista (H), cuyos tejidos en función de su grado de hidratación ofrecen una resistencia (R) y reactancia (Xc), al paso de la corriente eléctrica (Alvero, et al., 2009).

Con todo, la utilización de ambos métodos aislados, aunque ofrecen datos importantes para el deportista, no es sino su utilización conjunta la que permite establecer un adecuado diagnóstico de la situación nutricional y composición corporal del sujeto. La antropometría nos permite situar las dimensiones corporales en el espacio, mientras que la bioimpedancia nos permite además evaluar la distribución del agua intra y extracelularmente, detectando posibles edemas, distribución del agua en las distintas regiones del organismo, de forma que ambos métodos en conjunto, brindan una información complementaria importante, que nos permite evaluar además la salud y los posibles riesgos para el deportista.

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue el de intentar ajustar la información aportada por las dos técnicas (cineantropometría y bioimpedancia), para orientar el estado nutricional, los perfiles de rendimiento basados en la composición corporal y el estado de salud de 66 futbolistas amateur.

### Metodología

#### Sujetos y diseño

Sesenta y seis futbolistas fueron seleccionados de una muestra de conveniencia, y participaron de forma voluntaria en este estudio descriptivo transversal. De ellos 35 tenían menos de 30 años ( $21.8 \pm 1.74$  años) y 31 eran mayores de 31 ( $33.9 \pm 2.07$  años) en el momento de realizar el proyecto. Los datos descriptivos de la población se recogen en la tabla 1.

Para poder participar en el estudio los futbolistas cumplieron los siguientes criterios de inclusión: 1) llevar más de 5 años seguidos jugando

Tabla 1. Datos descriptivos de los futbolistas participantes

Categoría	Variable	Media	Desv. t.p.
Menor de 30 años n=35	Estatura	177.1	8.2
	Edad	21.8	1.7
	Peso	74.6	6.3
	Metab_basal	1783.2	149.2
Mayor de 31 años n=31	Estatura	181.5	5.6
	Edad	33.9	2.0
	Peso	77.3	9.1
	Metab_basal	1826.9	207.6

do al fútbol; (2) ser no fumadores; (3) estar sanos y no haber presentado ninguna enfermedad incapacitante en los últimos 6 meses; (4) participar voluntariamente; (5) ser mayores de edad. Como criterios de exclusión se establecieron: (6) haber tenido alguna enfermedad que les provocase deshidratación en los últimos 15 días; (7) realizar entrenamientos de máxima intensidad en las últimas 24 horas. A todos ellos se les explicaron con detalle los objetivos del estudio y una vez expuestos, otorgaron su consentimiento informado. La investigación respetó los principios éticos de la Declaración de Helsinki (rev. 2008) y la Ley de Protección de Datos 24/1999. El estudio se realizó de conformidad con las directrices éticas de la Comisión de Investigación Institucional

### Cuestionario

Antes de comenzar con las mediciones antropométricas los participantes deberían responder un cuestionario inicial ad hoc, que sería evaluado por un médico, en el que indicarían sus datos de filiación, enfermedades padecidas y se les evaluaría su nivel de hidratación (descartando deshidrataciones importantes, que pudiesen invalidar los resultados).

### Procedimiento

#### Bioimpedancia

A todos los participantes se les midió en ayunas, en ropa interior y por la mañana, después de ir al servicio y advirtiéndoles de que el día anterior no deberían realizar ningún esfuerzo intenso. Primero se les midió la altura con una balanza-tallímetro SECA 700 (SECA, Berlín, Alemania). La altura se comprobó 2 veces si había coincidencia y si no se hacía una tercera medida, hallando la media, con un margen de error de  $\pm 1$  mm) y después se les midió el peso con una balanza-tallímetro modelo SECA 700 (SECA, Berlín, Alemania). Con un margen de error de  $\pm 50$  g, se comprobó 2 veces el peso si había coincidencia y si no, se hacía una tercera medida, para hallar la media. A continuación, fueron evaluados mediante el analizador multifrecuencia por bio-impedancia (InBody720, Biospace Japan Inc., Tokyo, Japón®) para medir los parámetros relacionados con su composición corporal.

#### Cineantropometría

Una vez realizada la bioimpedancia, a continuación y en el mismo día, se les hizo la valoración antropométrica completa a todos los futbolistas siguiendo las recomendaciones de la ISAK (2001) y aplicando para su valoración las fórmulas de Marfel-Jones (2006). La medición del peso y la estatura, se realizó como se describió anteriormente en una balanza-tallímetro modelo SECA 700 (SECA, Berlín, Alemania), para los pliegues cutáneos se utilizó un pliómetro Harpenden (Holtain Ltd., Bryberian, Crymmych, Pembrokeshire, UK, con precisión de  $\pm 1$  mm), para los perímetros se utilizó una cinta métrica inextensible homologada; y para la estatura sentado, diámetros y longitudes, un antropómetro Harpenden, (Holtain Ltd., Bryberian, Crymmych, Pembrokeshire, UK, con precisión de  $\pm 0,1$  cm). Las mediciones realizadas para calcular los índices antropométricos se realizaron en el hemicuerpo derecho, salvo en los zurdos, en los que se analizaron las dos mitades corporales. Los datos recogidos fueron: estatura, peso, estatura sentado, 8 pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, bíceps, cresta ilíaca, supraespal, abdominal, medial del muslo, medial de la pierna), envergadura, perímetros (brazo relajado, brazo contraído, cintura -mínimo y máximo- y pierna), longitud de antebrazo y brazo, y los diámetros biestiloideo, biepicondileo, biacromial y biileocrestal. Todos los datos de la bioimpedancia y la cineantropometría fueron recogidos en una rejilla de Excel, para facilitar su tratamiento informático y poder exportarlo al programa SPSS para su tratamiento estadístico.

### Análisis Estadístico

El análisis de los datos se realizó mediante el paquete estadístico SPSS versión 20 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA). La muestra se dividió en dos grupos: menores de 30 años y mayores de 31, para comprobar las diferencias entre las variables de ambos grupos. Primero se hizo un análisis descriptivo de las variables y se calcularon las medidas de tendencia central. Se comprobó la normalidad de las variables cuantitativas

analizadas mediante la prueba de Shapiro Wilk y a continuación se utilizó la prueba t para muestras relacionadas, para comparar las mediciones realizadas en cada individuo y entre grupos mediante cineantropometría y bioimpedancia. Finalmente se analizó la correlación existente entre el aumento de la masa muscular y el metabolismo basal en futbolistas, medida mediante bioimpedancia. El nivel de significación se estableció en  $p < 0,05$ .

### Resultados

Se realizaron las pruebas estadísticas descritas anteriormente, comparándose los valores en ambos grupos, futbolistas menores y mayores de 30 años, para medir la exactitud de las mediciones realizadas mediante bioimpedancia y por cineantropometría, y comprobar las diferencias existentes entre ambos métodos y su repercusión para el entrenamiento. Los datos analizados en ambos grupos tuvieron una distribución normal. Los resultados del estudio se describen con mayor detalle en las tablas y gráficos siguientes.

Tabla 2. Diferencias según la edad, al utilizar la bioimpedancia y la cineantropometría

	Menores de 30 años n=35					Mayores de 31 años n=31				
	Bio.		Cine.		Dif. %	Bio.		Cine.		Dif. %
	M	DT	M	DT		M	DT	M	DT	
Grasa visceral	64,1	34,1	65,2	31,9	2,5	64,8	29,9	65,1	27,5	0,3
Peso	76,2	6,6	77,9	6,8	1,2	77,2	10,3	77,8	7,0	0,7
Masa muscular	36,3	4,3	37,1	5,3	2,1	38,6	5,7	41,2	5,8	6,6*
Masa grasa	10,7	5,4	10,8	22,0	1,0	9,8	3,8	11,2	19,2	14,0**
Porcentaje grasa	14,0	6,4	14,7	5,1	5,1*	12,6	4,6	15,1	5,3	19,0**
RCC	0,8	0,0	0,8	0,03	-2,2	0,8	0,03	0,89	0,12	2,1
IMC	24,3	1,7	24,4	2,7	0,3	23,3	2,03	24,3	2,6	4,1
Peso Muscular	48,3	7,31	48,7	6,2	0,7	46,2	8,7	47,7	9,1	3,1
Peso Óseo	14,0	5,37	14,3	4,7	2,0	15,4	6,2	16,1	5,8	6,1*
Peso Residual	24,1	7,12	24,1	6,5	0,4	25,8	5,7	26,3	7,1	1,9

Bio: Bioimpedancia; Cine: Cineantropometría; M: Media; DT: Desviación típica; Dif: Diferencia

Se aplicó la prueba t para muestras relacionadas, donde:

\*p < 0,05

\*\*p < 0,01

Como se aprecia en los resultados de la tabla 2, existe bastante coincidencia entre las medidas realizadas por bioimpedancia y cineantropometría en los menores de 30 años de este estudio, cuya diferencia más amplia llega al 5,1% en el porcentaje grasa. Mientras que en los mayores de 31 años, existen diferencias mayores de un 14 a un 19%, en la masa grasa y el porcentaje grasa.

Tabla 3. Diferencia entre el peso, hidratación y metabolismo ideal/objetivo en cada grupo

	Menores de 30 años (n=35)					Mayores de 31 años (n=31)				
	Inicial		Objetivo		Dif %	Inicial		Objetivo		Dif %
	M	DT	M	DT		M	DT	M	DT	
Peso	76,2	6,6	75,8	7,3	-0,6	77,2	10,3	77,8	7,0	0,7
Agua Total	36,3	4,3	37,1	5,3	2,1	38,6	5,7	41,2	5,8	6,6
% Agua/Peso	51,7	8,5	46,9	9,6	-9,4	49,8	7,7	47,3	8,7	-5,1
% Graso	14,0	6,4	11,8	5,3	-16,1	15,6	4,6	13,7	7,2	-11,7
Metabolismo Basal	1801,7	128,7	1897,2	168,8	5,3	1772,3	346,2	1845,1	2,6	4,1

M: Media; DT: Desviación típica; Dif: Diferencia

En la tabla 3, podemos observar como la bioimpedancia, aporta datos como el peso inicial y el objetivo (peso ideal) que la cineantropometría no contempla y que son importantes para los deportistas, además del agua corporal total y el % de agua respecto al peso, que permiten conocer mejor el grado de hidratación de los tejidos corporales, especialmente el músculo, y que nos sirven para orientar mejor el líquido a ingerir por los futbolistas. También la bioimpedancia estima el metabolismo basal de los futbolistas, que a medida que aumenta la masa muscular hace que aumente el metabolismo y por tanto, las exigencias nutritivas y la hidratación del futbolista.

En la figura 1, observamos un dato interesante que aporta la cineantropometría, que corresponde al somatotipo (la representación espacial del futbolista), que nos indica donde se encuentra cada futbolista en un determinado momento y que podemos comparar con otros futbolistas que juegan en su posición, y que obtienen un rendimiento mayor. Con este dato, sabremos cómo orientar mejor los entrenamientos de cada futbolista, de forma a trabajar un mayor desarrollo muscular o trabajo de potencia, que le acerque a los perfiles de rendimiento.

En la figura 2, podemos observar la correlación existente entre el desarrollo muscular y el aumento del metabolismo basal, medidos por bioimpedancia en los dos grupos de futbolistas estudiados, menores de 30 y mayores de 31, donde existe una correlación lineal positiva, de forma que a medida que aumenta la masa muscular, también lo hace el metabolismo basal en ambos grupos, y por ello hay que aumentar el

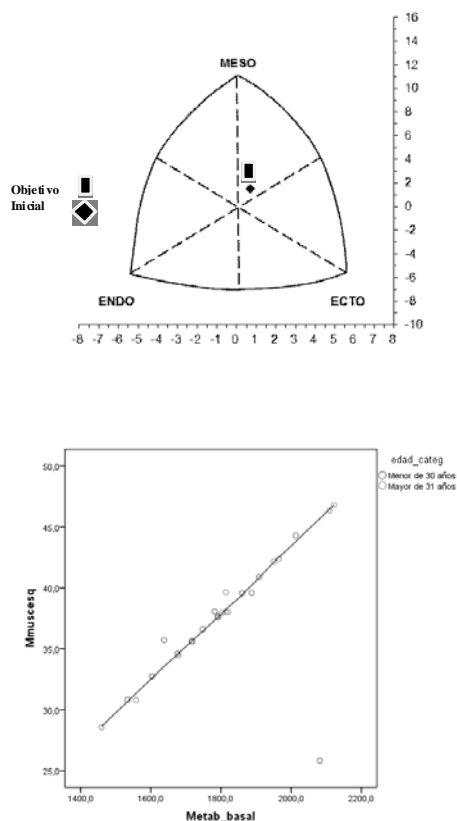


Figura 2. Análisis por bioimpedancia del aumento de la masa muscular y el metabolismo basal en ambos grupos de futbolistas.

aporte energético y la hidratación de forma proporcional a dichos aumentos en cada futbolista y a lo largo de la temporada.

### Discusión

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla 2, podemos afirmar que existe bastante coincidencia entre las medidas realizadas por bioimpedancia y cineantropometría en los futbolistas menores de 30 años de este estudio, cuya diferencia más amplia llega al 5.1% en el porcentaje graso y que es aceptable desde el punto de vista de su fiabilidad. Mientras que en los mayores de 31 años, existen diferencias mayores de un 14 a un 19%, en la masa grasa y el porcentaje graso. En este caso parece más fiable guiarse por los datos de la cineantropometría, debido a la medición directa de los distintos pliegues, mientras que la bioimpedancia lo calcula de forma indirecta. También debemos tener en cuenta que a medida que aumenta la edad, disminuye el porcentaje de agua y aumenta el de la grasa corporal, y por ello es necesario una mayor precisión para el cálculo de estos parámetros.

En esta línea, estudios como el de Völgyi et al. (2008), también observaron que la bioimpedancia proporcionaba valores sistemáticamente más bajos para la masa grasa que la medición de ésta por DXA en sujetos con diferentes niveles de obesidad. Haas et al. observaron cambios de resistencia asociados con las variaciones en las circunferencias del tronco lo que puede afectar a la exactitud de la bioimpedancia para evaluar el porcentaje de masa grasa (Haas et al., 2012). Contrariamente a lo que nosotros observamos Borges et al., en su estudio de 2012 realizado en animales, proponen la utilización de la bioimpedancia para la medición del porcentaje graso y las medidas biométricas para la estimación de masa magra (Borges et al., 2012).

El Instituto de Medicina (2005) destaca que el consumo adecuado de agua total por día es de 3.7 litros para hombres y de 2.7 para mujeres, incluyendo en estos valores el 20% de la ingesta de agua en los alimentos. Greenleaf et al. (1997) sitúan los valores de agua diarios necesarios para un persona sedentaria alrededor de 1.2 y 2.5 litros, con un aumento aproximadamente de 3.2 litros si se efectúa una actividad física moderada. Por ello, en este estudio cuando analizamos con detalle la tabla 3, se

constata una adecuada hidratación medida por bioimpedancia en los futbolistas de este estudio, tanto en menores de 30 como en los mayores de 31 años, que se refleja en el porcentaje de agua que los futbolistas presentan respecto a su peso, y que fue del  $51.78 \pm 8.57$  % en los menores de 30, y del  $49.82 \pm 7.7$  % en los mayores de 31. En este caso, no es necesario hacer ninguna corrección del aporte líquido en ninguno de los dos grupos, pero en otros casos nos permitiría hacer modificaciones en los hábitos de hidratación del deportista, para mantener su musculatura bien hidratada, aunque sería interesante valorar este dato antes y después de los partidos de fútbol, ya que estudios previos como el de Martarelli et al. (2009) encuentran pérdidas de fluidos durante el partido que no siempre han sido compensadas con la ingesta individual, que debería ser mucho más precisa.

Dentro de las limitaciones de este estudio, debemos reconocer que la muestra es pequeña y por tanto, es necesario aumentarla para verificar los resultados de este estudio. También tenemos que señalar que la muestra no ha sido aleatoria, sino de conveniencia, debido a la cantidad de medidas que tendríamos que realizar, y por ello, habría que diseñar en el futuro una investigación aleatoria por estratos, entre las distintas posiciones de los futbolistas en el terreno de juego, para que los datos obtenidos fuesen más fiables y tuviesen una mayor aplicación práctica. Cabe señalar que en la bibliografía actual se observan utilizaciones novedosas de la bioimpedancia en el deporte como es la prevención de lesiones, aunque es necesario seguir investigando en este tema (Nahrstaedt, et al., 2008; Nescolarde, et al., 2011).

En conclusión, teniendo en cuenta los resultados de este estudio, podemos afirmar que tanto la bioimpedancia como la cineantropometría son útiles para medir la masa muscular, masa grasa, porcentaje graso, relación cintura-cadera, el IMC, y los pesos muscular, óseo y residual en futbolistas menores de 30 años. Mientras que para los mayores de 31 años, para la masa grasa y el porcentaje graso, sería más fiable la utilización de la cineantropometría sola.

La bioimpedancia aporta un mayor conocimiento del grado de hidratación de los tejidos del deportista, que complementa los datos de la cineantropometría, mientras que esta nos permite medir el somatotipo del futbolista y compararlo con el de otros futbolistas de alto rendimiento, que juegan también en esa posición.

### Referencias

- Alvero, J.R. (Coord.) (2009). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del GREC. *Archivos de Medicina del Deporte*, 131(26), 166-179.
- Borges, N.C., Vasconcellos, R.S., Carciofi, A.C., Gonçalves, K.N.V., Paula, F.J.A., Filho, D.E.F., & Canola, J.C. (2012). DXA, bioelectrical impedance, ultrasonography and biometry for the estimation of fat and lean mass in cats during weight loss. *BMC Veterinary Research*, 8:111-120. doi: 10.1186/1746-6148-8-111
- Esparza, F. (1993). Manual de Cineantropometría. Monografías FEMEDE. Editor científico: Grupo Español de Cineantropometría (GREC). Pamplona: FEMEDE.
- Greenleaf, J.E., Bernauer, E.M., & Juhas, L.T. (1997). Effects of exercise on fluid exchange and body composition in man during 14-day bed rest. *Journal of Applied Physiology*, 43, 126-132.
- Haas, V., Engeli, S., Hofmann, T., Riedl, A., Haufe, S., Kast, P., Wiesner, S., Böhnke, J., Jordan, J., & Boschman, M. (2012). Variations in truncal body circumferences affect fat mass quantification with bioimpedance analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66(2), 196-200. doi:10.1038/ejcn.2011.154
- Institute of Medicine. (2005). *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate*. Washington, DC: The National Academies Press.
- ISAK. International Standards for Anthropometric Assessment. (2001). International Society for the Advancement of Kinanthropometry. In: K. Norton and T. Olds (Eds.), *Anthropometrica*. Sydney: University of New South Wales Press.
- Marfell-Jones, M., Olds, T., Stewart, A., & Carter L. (2006). *International standards for anthropometric assessment Potchefstroom*. South Africa: ISAK.
- Martarelli, D., Ugucioni, F., Stauffacher, S., Spataro, A., Cocchioni, M., & Pompei, P. (2009). Assessment of body fluid balance and voluntary drinking in ultimate players during a match. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(3), 265-271.
- Nahrstaedt, H., Schauer, T., Shalaby, R., Hesse, S., & Raisch, J. (2008). Automatic control of a drop-foot stimulator based on angle measurement using bioimpedance. *Artificial organs*, 32(8), 649-654. doi:10.1111/j.1525-1594.2008.00617.x
- Nescolarde, L., Yanguas, J., Medina, D., Rodas, G., & Rosell-Ferrer, J. (2011). *Assessment and follow-up of muscle injuries in athletes by bioimpedance: preliminary results*. Conference proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 1137-1140. Boston: USA. doi:10.1109/IEMBS.2011.6090266
- Norton, K., Whittingham, N., Carter, J., Kerr, D., Gore, C., & Marfell-Jones, M. (1996). Measurement techniques in anthropometry. En: K. Norton and T. Olds (Eds.), *Anthropometrica*. Sydney: University of New South Wales Press.
- Strain, G.W., Wang, J., Gagner, M., Pomp, A., Inabnet, W.B., & Heymsfield, S.B. (2008). Bioimpedance for Severe Obesity: Comparing Research Methods for Total Body Water and Resting Energy Expenditure. *Obesity*, 16(8), 1953-1956.
- Völgyi, E., Tylavsky, F.A., Lyytikäinen, A., Suominen, H., Alén, M., & Cheng, S. (2008). Assessing Body Composition With DXA and Bioimpedance: Effects of Obesity, Physical Activity, and Age. *Obesity*, 16(3), 700-705.