

A testvíztartalom változása a tápláltsági állapot és az életkor függvényében

Szakály Zsolt dr.¹ ■ Pápai Zsófia¹ ■ Liszkai Zsuzsanna²
Dr. Dézsiné Szentés Veronika dr.³ ■ Dézsi Csaba András dr.^{3, 4}

¹Széchenyi István Egyetem, Egészség- és Sporttudományi Kar, Sporttudományi Tanszék, Győr

²Széchenyi István Egyetem, Apáczai Csere János Pedagógiai, Humán- és Társadalomtudományi Kar, Szakmódszertani Tanszék, Győr

³Széchenyi István Egyetem, Egészség- és Sporttudományi Kar, Egészség- és Ápolástudományi Tanszék, Győr

⁴Petz Aladár Egyetemi Oktató Kórház, Kardiológiai Osztály, Győr

Bevezetés: Az egészséges folyadékháztartás szükséges a normális életfunkciók fenntartásához. A testvíz mennyiségének meghatározása fontos a klinikai gyakorlatban és a sportban egyaránt a kiszáradás és/vagy a folyadék-túlterhelés megítélésében. A testvíz mennyiségének meghatározására és eloszlására használt módszerek közül elterjedőben vannak a bioelektromos impedancia elvén működő eszközök. Használatuk egyszerű, gyors, és a kapott eredmények megbízhatók.

Célkitűzés: Vizsgálatunk célja volt bioelektromos impedancia elvén működő eszközzel meghatározni a relatív testvíztartalmat az életkor függvényében, normális testsúlyú, túlsúlyos és elhízott férfiaknál és nőknél.

Módszer: Az InBody 720 típusú eszközzel végzett vizsgálatban összesen 2354, 7–81 éves személy adatai szerepelnek. A normális testtömeget, a túlsúlyt és az elhízást a testtömegindexszel határoztuk meg.

Eredmények: Szignifikáns különbség volt nemenként a testtömegben, a testtömegindexben a normális testsúlyú és a túlsúlyos/elhízott résztvevők között minden korcsoportban. A normális testtömegű férfiak és nők relatív testvíztartalmának átlagai közötti különbségek minden korcsoportban szignifikánsak. A normális testtömegű férfiak esetében az átlagok az életkor függvényében a 3. korcsoportig (21–50 évesek) nem változtak, majd a 4. korcsoportban (51 évesnél idősebbek) csökkentek. A normális testtömegű nők esetében az átlagok az életkor függvényében lineárisan csökkentek. A túlsúlyosak/elhízottak relatív testvíztartalmának átlagai szignifikánsan kisebbek voltak nemenként és korcsoportonként is, mint a normális testtömegűek átlagai. A relatív testvíztartalom a túlsúlyos/elhízott férfiak és nők esetében az életkor függvényében nem változott.

Megbeszélés: A bioelektromos impedancia elvén alapuló eljárás még kevésbé terjedt el, azonban alkalmas a teljes testvíztartalom mérésére. A módszerrel kapott adatok megbízhatóságát egyre több tanulmány igazolja a normális testtömegűek, a túlsúlyosok és az elhízottak esetében is.

Következtetés: A bioelektromos impedancia elvén alapuló eljárás számos területen segítheti a prognosztikát és a diagnosztikát. Adataink bemutatása után reméljük, hogy vizsgálatunk hozzájárul e módszer elterjedéséhez.

Orv Hetil. 2024; 165(43): 1694–1699.

Kulcsszavak: bioelektromos impedancia, testvíztartalom, életkor, tápláltsági állapot

Change of total body water dependent on age and nutritional status

Introduction: A healthy fluid balance is necessary to maintain normal vital functions. Detecting the amount of body water is important both in clinical practice and in sports in assessing dehydration and/or fluid overload. Among the methods used to determine the amount and distribution of body water, devices operating on the principle of bioelectrical impedance are becoming more common. Their use is simple, fast and the results obtained are reliable.

Objective: The aim of our study was to determine the relative body water content changing dependent on age in men and women of normal weight, overweight and obese, using a device that works on the principle of bioelectrical impedance.

Method: The data of a total of 2,354 persons between the ages of 7 and 81 are included in the study conducted with the InBody 720 type device. Normal body weight, overweight and obesity were determined using the body mass index.

Results: There were significant differences between gender in body weight, body mass index between normal weight and overweight/obese participants in all age groups. The differences between relative body water content of men and women in normal body weight are significant in all age groups. The averages have not changed until the 3rd age group (21–50 years), then decreased in the 4th age group (above 51 years) in the normal body weight men. In the

case of normal body weight women, the averages decreased linearly dependent on age. The relative body water contents in overweight/obese subjects were significantly lower by gender and age group than the averages of those with normal body weight. The relative water contents in overweight/obese men and women have not changed dependent on age.

Discussion: Although bioelectrical impedance method is less commonly used, it is suitable for measuring total body water content. The reliability of the data obtained by the method is confirmed by more and more studies in the case of people of normal body weight, overweight and obese people as well.

Conclusion: The bioelectrical impedance procedure can help prognosis and diagnosis in many areas. After presenting our data, we hope that our study will contribute to the spread of the bioelectrical impedance method.

Keywords: bioelectrical impedance, content of body water, age, nutritional status

Szakály Zs, Pápai Zs, Liskai Zs, Dézsiné Szentés V, Dézsi CsA. [Change of total body water dependent on age and nutritional status]. *Orv Hetil.* 2024; 165(43): 1694–1699.

(Beérkezett: 2024. július 25.; elfogadva: 2024. augusztus 26.)

Rövidítések

BMI = (body mass index) testtömegindex; TBW = (total body water) teljes testvíz; TBW% = (% of total body weight) relatív testvíztartalom

Bevezetés

Az egészséges folyadékháztartás, a testvíz optimális mennyisége, a sejten belüli és sejten kívüli megfelelő eloszlása szükséges az életfunkciók fenntartásához. A teljes testvíz (TBW) mennyisége függ az életkortól, a nemtől és a testzsírtartalomtól. A testvíz mennyiségének detektálása fontos a klinikai gyakorlatban és a sportban egyaránt, a kiszáradás és/vagy a folyadék-túlterhelés megítélésében.

A TBW-tartalom mérésére a klinikai gyakorlatban az izotópos hígítási eljárást vagy a mágneses magrezonancia vizsgálatot alkalmazzák. E módszerek mellett a bioelektromos impedancia elvén működő eszközök is elterjedőben vannak, mert nem invazívak, könnyű az alkalmazhatóságuk, és pontos becslést tesznek lehetővé [1, 2]. A bioelektromos impedancia elvén alapuló eljárás során gyűjtött adatok megbízhatóságát számos tanulmány igazolja [3–6], és a módszert sikeresen alkalmazzák a klinikai gyakorlatban, például a tápláltsági állapot vagy a tápanyagbevitel diagnosztizálásában is [7, 8]. A bioelektromos impedancia elvén működő eszközök a test szöveteinek elektromosáram-vezető képességét mérik. A nagy folyadéktartalmú, metabolikusan aktív szövetek (például izomszövet) jobban vezetik az áramot, mint a kisebb folyadéktartalmú szövetek (például zsírszövet). A mért impedanciaadatokból pontos becslés adható a testösszetételre, például a folyadékterekre, vagy éppen a zsírtmentes tömegre is. A bioelektromos impedancia elvén alapuló vizsgálat során mérjük a szövetek ellenállását alacsony intenzitású váltakozó árammal szemben. Az elektromos árammal szembeni ellenállás a testvízből (extracelluláris és intracelluláris) és a sejtmembránok által okozott rövid késleltetésből származik [9, 10].

Az extracelluláris folyadék mérésére alacsony frekvenciájú áramot, míg a TBW (intracelluláris és extracelluláris) mérésére nagyfrekvenciás áramot használnak az eszközök. Az intracelluláris víz mennyiségét úgy számítjuk ki, hogy a TBW-ből kivonjuk az extracelluláris víztartalmat. A korábban használt, egyfrekvenciás bioelektromos impedancia elvén alapuló eljáráshoz képest a jelenleg használt, többfrekvenciás bioelektromos impedancia elvén alapuló módszer pontosabb eredményt ad [11]. Az eredmények jól korrelálnak a hígítási módszerrel kapott eredményekkel gyermekeknél és felnőtteknél is [9, 10, 12]. A bioelektromos impedancia mérése továbbá jól működik az egészségeseknél, valamint a stabil víz-és elektrolit-egyensúlyú betegeknél is [13, 14].

Csekély számú vizsgálat elemezte korábban a TBW-tartalom életkorról és tápláltsági állapottól (túlsúly/elhízás) való összefüggését, ezért vizsgálatunk célja volt, hogy a bioelektromos impedancia elvén működő InBody 720 eszköz (InBody Co., Ltd., Szöul, Dél-Korea) segítségével meghatározzuk a TBW%-os értékeket az életkor függvényében, az optimális testsúlyú és a túlsúlyos/elhízott férfiaknál és nőknél.

Módszer

A mintában a Széchenyi István Egyetem Egészség- és Sporttudományi Laboratóriumában 2017 és 2023 között a bioelektromos impedancia elvén működő InBody 720 típusú eszközzel [15] végzett vizsgálaton önkéntesen részt vett személyek név nélküli adatait dolgoztuk fel.

A vizsgálatban normális testtömegű vagy túlsúlyos (beleértve az elhízást is), 7 évesnél idősebb résztvevők adatait elemeztük. Kizártuk a cukorbetegeket, a menstruálókat vagy a terheseket, a krónikus vesebetegséggel vagy más ismert társbetegséggel élőket, valamint azokat, akik a test víztartalmát befolyásoló gyógyszereket, például glükokortikoidokat szedtek. A magas vérnyomásban szenvedő gyermekek nem vettek részt a vizsgálatban,

1. táblázat | A normális testtömeg, a túlsúly és az elhízás megítélésének szempontjai

	Normális testtömeg	Túlsúlyos	Elhízott
Gyermek (praepubertás, pubertás és postpubertás)	BMI <85 percentilis	BMI 85–95 percentilis	BMI ≥95 percentilis
Felnőtt, idős	BMI ≤25 kg/m ²	BMI 25–29 kg/m ²	BMI ≥30 kg/m ²

BMI = testtömegindex

míg a magas vérnyomásban szenvedő felnőtteket, akik csak vérnyomáscsökkentő gyógyszereket kaptak, bevontuk a vizsgálatba. Azok adatait sem elemeztük, akik vizelethajtót szedtek, a vizsgálatot megelőző 4 órában mérsékelt/intenzív testmozgást végeztek, vagy jelentős mennyiségű élelmiszert fogyasztottak. Négy életkori csoportot alakítottunk ki: 7–10 évesek, 11–20 évesek, 21–50 évesek, 51 évesnél idősebbek. A vizsgálat kezdetekor megmértük a testmagasságot. A normális testtömeget, a túlsúlyt és az elhízást a testtömegindex (BMI)

alapján határoztuk meg (1. táblázat) az Egyesült Államok Betegségmegelőzési és Járványügyi Központjának iránymutatásai alapján [16].

Vizsgálatunkban a túlsúlyosakat és az elhízottakat ösz-szevont csoportként kezeltük. A relatív testvíztartalmat (TBW%) úgy kaptuk meg, hogy a testtömeget (kg) osztottuk a TBW (liter) értékével, és szoroztuk százzal. A vizsgált változók átlagai közötti különbségeket páros *t*-próbával és varianciaanalízissel elemeztük. Az adatok statisztikai feldolgozásakor a Statistica for Windows programcsomagot használtuk (version 7.1, StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). A statisztikai eredmények értelmezésekor a véletlen hiba maximumát 5%-ban határoztuk meg.

Eredmények

A tanulmányban 2354, 7 és 81 év közötti személy adatai szerepelnek. A korcsoportok átlagéletkora $8,69 \pm 1,02$ év (7–10 éves korcsoport, praepubertás), $14,20 \pm 2,81$ év (11–20 éves korcsoport, pubertás és postpubertás), $31,84 \pm 8,75$ év (21–50 éves korcsoport, felnőttek), illetve $62,38 \pm 8,11$ év (51 évesnél idősebb korcsoport,

2. táblázat | A vizsgált csoportok alapstatisztikai jellemzői

Változók	Életkori csoportok (év)			
	7–10	11–20	21–50	51≤
Elemzések (férfi-nő)	400	885	948	121
Átlagéletkor (év)	$8,7 \pm 1,0$	$14,2 \pm 2,8$	$31,8 \pm 8,7$	$62,4 \pm 8,1$
Férfiak (elemszám)	185	543	524	43
Nők (elemszám)	215	342	424	78
Testmagasság (férfi-nő) (cm)	$135,9 \pm 8,9$	$163,9 \pm 12,1$	$175,3 \pm 9,6$	$167,2 \pm 11,0$
Testtömeg (férfi-nő) (kg)	$31,4 \pm 7,9$	$55,4 \pm 14,0$	$74,9 \pm 14,5$	$77,9 \pm 16,3$
BMI (férfi-nő)	$16,8 \pm 2,9$	$20,4 \pm 3,4$	$24,3 \pm 3,4$	$27,8 \pm 4,$

BMI = testtömegindex

3. táblázat | A normális testtömegű és a túlsúlyos/elhízott csoportok demográfiai és antropometriai jellemzői

Korcsoport (év)	Status	Elemzések			Életkor (év)	Testmagasság (cm)	Testtömeg (kg)	BMI
		Férfi	Nő	Össz				
7–10	Normális	185	207	392	$8,7 \pm 1,0$	$135,8 \pm 8,9$	$30,9 \pm 7,1$	$16,6 \pm 2,5$
	Túlsúlyos/elhízott	4	4	8	$8,7 \pm 1,4$	$143,6 \pm 7,8$	$56,1 \pm 7,1^*$	$27,0 \pm 1,4^*$
11–20	Normális	508	301	809	$14,1 \pm 2,7$	$163,6 \pm 12,1$	$53,3 \pm 11,9$	$19,6 \pm 2,4$
	Túlsúlyos/elhízott	35	41	76	$15,8 \pm 3,2$	$166,3 \pm 12,1$	$78,3 \pm 14,7^*$	$28,1 \pm 3,1^*$
21–50	Normális	277	342	619	$30,1 \pm 8,3$	$173,7 \pm 9,7$	$67,9 \pm 10,3$	$22,4 \pm 1,7$
	Túlsúlyos/elhízott	247	82	329	$35,0 \pm 8,5$	$177,4 \pm 9,0$	$88,2 \pm 11,8^*$	$27,9 \pm 2,8^*$
51	Normális	8	25	33	$63,7 \pm 9,2$	$165,5 \pm 14,0$	$61,4 \pm 13,0$	$22,1 \pm 2,3$
	Túlsúlyos/elhízott	35	53	88	$61,9 \pm 7,6$	$167,7 \pm 9,7$	$85,2 \pm 12,6^*$	$29,8 \pm 3,3^*$

BMI = testtömegindex; Össz = teljes elemszám

* az átlagok különbsége szignifikáns

4. táblázat | A TBW korcsoportonkénti átlagai a férfiaknál és a nőknél

Korcsoport (év)	Elemszám	TBW (liter)			
		Normális		Túlsúlyos/elhízott	
		Férfi	Nő	Férfi	Nő
7–10	400	19,8 ± 3,4	18,8 ± 3,4*	26,1 ± 2,8	25,7 ± 3,5
11–20	885	34,8 ± 9,1	30,9 ± 5,2*	42,8 ± 12,2	36,3 ± 6,3*
21–50	948	49,6 ± 5,5	34,9 ± 4,4*	54,1 ± 5,9	38,1 ± 5,2*
51≤	121	46,1 ± 8,3	29,5 ± 4,9*	50,5 ± 6,0	34,1 ± 3,9*

TBW = teljes testvíz

*az átlagok különbsége szignifikáns

5. táblázat | A férfiak és nők (normális és túlsúlyos/elhízott csoportok) testének relatív testvíz tartalma életkoronként

Korcsoport (év)	Elemszám	Relatív testvíz tartalom (TBW%) = TBW (liter) / testtömeg (kg) × 100			
		Normális		Túlsúlyos/elhízott	
		Férfi	Nő	Férfi	Nő
7–10	400	64,6 ± 5,9	62,1 ± 6,2*	52,1 ± 4,0	45,9 ± 2,2*
11–20	885	64,8 ± 4,8	59,1 ± 5,1*	53,5 ± 8,1	45,0 ± 4,1*
21–50	948	65,2 ± 2,9	56,9 ± 3,8*	53,2 ± 4,8	44,2 ± 4,9*
51≤	121	61,2 ± 5,1	52,3 ± 5,8*	53,8 ± 5,7	43,2 ± 3,6*

TBW = teljes testvíz

*az átlagok különbsége szignifikáns

idősek). A férfi, illetve a női résztvevők száma 1295 fő, illetve 1059 fő volt. A normális testtömegű, illetve a túlsúlyos (elhízott is) résztvevők száma 1853 fő, illetve 501 fő volt. A demográfiai és az antropometriai adatok további részleteit a 2. és 3. táblázat tartalmazza.

Szignifikáns különbséget tapasztaltunk a testtömegben és a BMI-ben a normális testsúlyú és a túlsúlyos/elhízott résztvevők között minden korcsoportban ($p < 0,000$) (3. táblázat).

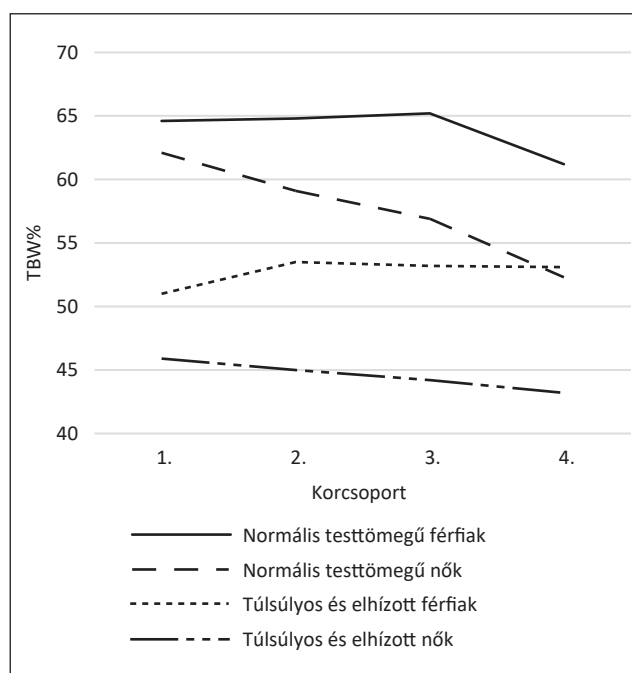
A normális testtömegű nők átlagos TBW-je szignifikánsan kisebb volt, mint a normális testtömegű férfiaké minden korcsoportban ($p < 0,01$). Az átlagos TBW szintén szignifikánsan ($p < 0,000$) kisebb volt a túlsúlyos nők esetében, mint a túlsúlyos férfiaknál, kivéve az 1. korcsoportot (4. táblázat).

Az optimális testtömegű férfiak és nők TBW%-átlagai közötti különbségek minden korcsoportban szignifikánsak ($p < 0,01$). A férfiak esetében az átlagok az életkor függvényében a 3. korcsoportig nem változnak, 64–65% között mozognak, majd a 4. korcsoport átlaga 61,2%-ra csökken. A normális testtömegű nők esetében az átlagok az életkor függvényében lineárisan csökkennek, 62,1%-ról 52,3%-ra (5. táblázat).

A túlsúlyosak/elhízottak esetében a TBW%-átlagok szignifikánsan ($p < 0,000$) kisebbek voltak nemeként minden korcsoportban, mint a normális testtömegűekéi átlagai. A TBW% a túlsúlyos/elhízott férfiak esetében mind a négy korcsoportban gyakorlatilag egyforma volt (52,1–53,8%) A túlsúlyos/elhízott nőknél a korcsoport-

onkénti átlagok különbsége szintén nem volt szignifikáns (5. táblázat).

Az 1. ábrán összevontan szemléltetjük a TBW% változását korcsoportonként, nemeként a tápláltsági állapot függvényében.



1. ábra | A relatív testvíz tartalom (TBW%) változása az életkor és a tápláltsági állapot függvényében nemeként

Megbeszélés

A test teljes víztartalma a növekedéssel együtt nő. A TBW% születéskor 80% körüli [17], ez a férfiaknál megközelítőleg 60%-ra, a nőknél 50%-ra csökken a felnőttkorra [18]. *Pierson és Lin* megfigyelte, hogy az életkor függvényében a TBW% folyamatosan 60%-ra csökken a normális testtömegű serdülőknél (fiúk-lányok) [19]. *Haschke* a vizsgálatában azt tapasztalta, hogy a 64%-os TBW% nem változott szignifikánsan a 10 és 14 éves normális testtömegű serdülőknél [20]. *Novak* szintén vizsgálta a serdülő fiúk és lányok TBW%-át [21]. Megállapította, hogy a normális testtömegű fiúknál 62,1%-ról (12–13 év) 65,9%-ra (17–18 év) nőtt a TBW%, a lányoknál azonban csökkent, 60,3%-ról 53,6%-ra, a fiúkkal megegyező korcsoportokban. E változások magyarázata lehet az, hogy a pubertásban a lányok esetében a zsírfelhalmozódás, míg a fiúk esetében az izomtömeg-növekedés a meghatározó [22].

Hume és Weyers a normális testsúlyú felnőttek körében végzett dilútiós vizsgálatukban 60,2% TBW%-értékeket találtak 40–69 éves férfiaknál és 57,1%-osakat 41–84 éves nőknél [23]. A fenti szerzők adatokat közöltek a túlsúlyos és elhízott felnőttek TBW%-értékéről is: azt tapasztalták, hogy a 35–71 éves férfiaknál ez 52,4%, míg a 33–68 éves nőknél 42,0% volt.

Kevés adat áll rendelkezésre az idős populáció (60 év felett) TBW%-értékeiről. *Chumlea és mtsai* szerint a TBW% a 60 év fölötti férfiaknál 46%, míg a nőknél 43% körüli [24].

A normális testsúlyú egyének TBW%-értékeivel (abszolút és relatív) összefüggő nemi és életkori különbségek jól ismertek. A férfiak TBW%-értékei nagyobbak a nőkhöz viszonyítva, a nagyobb testsúly és a nagyobb izomtömeg miatt. Hasonló különbségek mutathatók ki a TBW% relatív értékeiben a normális testtömegű férfiak és nők között a pubertástól kezdődően. A férfiak nagyobb TBW%-a a megnövekedett zsírmentes tömegnek tulajdonítható [25]. A testsírnak csak 20–30%-a víz, míg a zsírmentes testtömegnek körülbelül a 72%-a víz [26]. Az időskorra azonban jellemző mindkét nemből az izomtömeg leépülése, melynek mértéke függ az életkortól, az egészségi állapottól és a rendszeres fizikai aktivitás szintjétől is [27].

Mattoo és mtsai gyermekeknél és fiatal felnőtteknél azt tapasztalták, hogy a túlsúlyosak/elhízottak TBW%-a szignifikánsan kisebb volt, mint normális testtömegű társaiké, ami következményként dehidratáltságot is jelent, okozhat [28]. További felnőttmintán végzett vizsgálatok igazolták, hogy a túlsúlyos/elhízott egyének TBW%-a kisebb, mint a normális testtömegű egyéneké [26, 29, 30].

Következtetés

Olyan további kutatásokra van szükség, amelyek a dehidratáltság és a TBW% összefüggéseit tanulmányozzák, mert az alacsonyabb TBW% számos egyéb tényező mellett hozzájárulhat a dehidratáltság kialakulásához, különösen a túlsúlyos és az elhízott egyéneknél. A bioelektromos impedancia elvén alapuló eljárás gyorsasága, egyszerűsége, pontossága számos területen (például népegészségügyi, sport, klinikai) segítheti a prognosztikát és a diagnosztikát. További adatgyűjtés során a populációra vonatkozó referenciaértékeket lehet meghatározni. A referenciartományok ismerete segíthet az egészségi állapot objektív minősítésében. A sportolóknál detektálni lehet az edzés következtében kialakult dehidratáltság mértékét, meg lehet határozni a szükséges folyadékpótlás mennyiségét, a folyadékhiánytartás „visszaállításának” dinamikáját. A kóros állapotok, elsősorban a túlsúly és az elhízás tekintetében a folyamatos monitorozás (feedback) segíthet a páciens motivációjának fenntartásában, a kiindulási állapotot alapul véve könnyen nyomon követhető a páciens testösszetételének optimalizálása. Reméljük, hogy tanulmányunk is hozzájárul a bioelektromos impedancia elvén alapuló módszer elterjedéséhez.

Anyagi támogatás: A közlemény elkészítését megelőző kutatómunka és a dolgozat megírása anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzői munkamegosztás: Sz. Zs.: Irodalomkutatás, a közleményhez szükséges statisztikai elemzések elkészítése, az Eredmények, a Megbeszélés és a Következtetés fejezet megírása. P. Zs.: Irodalomkutatás, a Bevezetés és a Módszer fejezet megírása. L. Zs.: Irodalomkutatás, a kézirat végső áttekintése, korrekktúrása. Dr. D-né Sz. V.: Irodalomkutatás és a Megbeszélés fejezet véglegesítése. D. Cs. A.: A munkacsoport kutatási tevékenységét koordinálta, és részt vett a fejezetek megírásában. A közlemény végleges változatát minden szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Irodalom

- [1] Ng BK, Liu YE, Wang W, et al. Validation of rapid 4-component body composition assessment with the use of dual-energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr.* 2018; 108: 708–715. Erratum: *Am J Clin Nutr.* 2018; 108: 1356.
- [2] Wotton MJ, Thomas BJ, Cornish BH, et al. Comparison of whole body and segmental bioimpedance methodologies for estimating total body water. *Ann N Y Acad Sci.* 2000; 904: 181–186.

- [3] Beckmann L, Hahne S, Medrano G, et al. Monitoring change of body fluids during physical exercise using bioimpedance spectroscopy. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2009; 2009: 4465–4468.
- [4] van Rongen A, van der Aa MP, Matic M, et al. Increased metformin clearance in overweight and obese adolescents: a pharmacokinetic substudy of a randomized controlled trial. *Paediatr Drugs* 2018; 20: 365–374.
- [5] Flegal KM, Carroll MD, Kit BK, et al. Prevalence of obesity and trends in the distribution of body mass index among US adults, 1999–2010. *JAMA* 2012; 307: 491–497.
- [6] Lu H, Ayers E, Patel P, et al. Body water percentage from childhood to old age. *Kidney Res Clin Pract.* 2023; 42: 340–348.
- [7] Tóth B, Terjék D, Nagy-Kónya R, et al. Possibility of bioimpedance-based nutritional status assessment in rehabilitation. [A tápláltsági állapot bioimpedancia-alapú meghatározásának lehetősége a rehabilitációban.] *Orv Hetil.* 2022; 163: 670–676. [Hungarian]
- [8] Dakó E, Dakó S, Papp V, et al. Energy and nutrient intakes and their relationship to body composition in patients with celiac disease. [Energia- és tápanyagbeviteli értékek és azok kapcsolata a testösszetétellel coeliakiás betegekben.] *Orv Hetil.* 2023; 164: 2024–2032. [Hungarian]
- [9] Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr.* 2003; 77: 331–340.
- [10] Ritz P. Body water spaces and cellular hydration during healthy aging. *Ann N Y Acad Sci.* 2000; 904: 474–483.
- [11] Martinoli R, Mohamed EI, Maiolo C, et al. Total body water estimation using bioelectrical impedance: a meta-analysis of the data available in the literature. *Acta Diabetol.* 2003; 40 (Suppl 1): S203–S206.
- [12] Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis. Part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr.* 2004; 23: 1430–1453.
- [13] Segal KR, Burastero S, Chun A, et al. Estimation of extracellular and total body water by multiple-frequency bioelectrical-impedance measurement. *Am J Clin Nutr.* 1991; 54: 26–29.
- [14] Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis. Part I. Review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004; 23: 1226–1243.
- [15] Inbody User's manual. Available from: https://www.inbody.in/uploads/resource/inbody720_cdmanual_eng_h-pdf-0059383001546245174.pdf [accessed: May 5, 2024].
- [16] Centers for Disease Control and Prevention. CDC extended BMI-for-age growth charts. Available from: <https://www.cdc.gov/growthcharts/> [accessed: May 15, 2024].
- [17] Friis-hansen BJ, Holiday M, Stapleton T, et al. Total body water in children. *Pediatrics* 1951; 7: 321–327.
- [18] Virgili F, D'Amicis A, Ferro-Luzzi A. Body composition and body hydration in old age estimated by means of skinfold thickness and deuterium dilution. *Ann Hum Biol.* 1992; 19: 57–66.
- [19] Pierson RN Jr, Lin DH. Measurement of body compartments in children: whole-body counting and other methods. *Semin Nucl Med.* 1972; 2: 373–382.
- [20] Haschke F. Body composition of adolescent males. Part I. Total body water in normal adolescent males. Part II. Body composition of the male reference adolescent. *Acta Paediatr Scand Suppl.* 1983; 307: 1–23.
- [21] Novak LP. Changes in total body water during adolescent growth. *Hum Biol.* 1989; 61: 407–414.
- [22] Roemmich JN, Clark PA, Weltman A, et al. Alterations in growth and body composition during puberty. I. Comparing multicompartment body composition models. *J Appl Physiol* (1985). 1997; 83: 927–935.
- [23] Hume R, Weyers E. Relationship between total body water and surface area in normal and obese subjects. *J Clin Pathol.* 1971; 24: 234–238.
- [24] Chumlea WC, Guo SS, Zeller CM, et al. Total body water data for white adults 18 to 64 years of age: the Fels Longitudinal Study. *Kidney Int.* 1999; 56: 244–252.
- [25] Fogelholm M, van Marken Lichtenbelt W. Comparison of body composition methods: a literature analysis. *Eur J Clin Nutr.* 1997; 51: 495–503.
- [26] Harbo T, Brincks J, Andersen H. Maximal isokinetic and isometric muscle strength of major muscle groups related to age, body mass, height, and sex in 178 healthy subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2012; 112: 267–275.
- [27] Dey DK, Bosaeus I, Lissner L, et al. Body composition estimated by bioelectrical impedance in the Swedish elderly: development of population-based prediction equation and reference values of fat-free mass and body fat for 70- and 75-y olds. *Eur J Clin Nutr.* 2003; 57: 909–916.
- [28] Mattoo TK, Lu H, Ayers E, et al. Total body water by BIA in children and young adults with normal and excessive weight. *PLOS ONE* 2020; 15: e0239212.
- [29] Sagayama H, Yamada Y, Ichikawa M, et al. Evaluation of fat-free mass hydration in athletes and non-athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2020; 120: 1179–1188.
- [30] Androustos O, Gerasimidis K, Karanikolou A, et al. Impact of eating and drinking on body composition measurements by bioelectrical impedance. *J Hum Nutr Diet.* 2015; 28: 165–171.

(Dézsi Csaba András dr.,
Győr, Szent Imre út 25–27., 9026
e-mail: dcsa62@gmail.com)

A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID_1)