

A TESTÖSSZETÉTEL ÉLETKORI ÉS NEMI MINTÁZATÁNAK BECSLÉSE AZ ANTROPOMETRIAI MÓDSZEREK ÉS A BIOELEKTROMOS IMPEDANCIA ANALÍZIS KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK ALAPJÁN

Tóth Katalin

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Embertani Tanszék, Budapest
Témavezető: Prof. Bodzsár Éva DSc

Tóth K.: *Estimation of body composition by age and gender on the basis of the correlation between anthropometric methods and bioelectrical impedance analysis. The present dissertation has been designed to predict body composition through a continuously expanding method in Hungary, namely, bioelectrical impedance analysis (BIA). A limiting factor of the method is that the regressions of body fat content from the primarily measured impedance were validated for an unknown population, therefore their use is not justified in other populations.*

Our goal was to develop regression equations valid for the Hungarian population by using the sensor resistance data and anthropometric data in close correlation with body fat content, dependent of gender, age and maturity level; to be able to reliably predict body fat content between the ages of 10–18.

The study sample was comprised of the subsample of the 1.5% randomized representative sample of young people between the ages of 10–18 of the 2nd Hungarian National Growth Study (2003–2006). The necessity to develop the new regression prediction equations is shown by the fact that the difference between the body fat content predicted by the BIA device and the reference method (Drinkwater–Ross anthropometric fractionation method) was significant in both genders, in the majority of examined age ranges.

Correcting the measurement results of the bioelectrical impedance analysis with the use of the new regression equations, the body fat content of Hungarian children between the ages of 10–18 can be predicted more precisely: the difference between the median values of the predicted absolute body fat content and the Drinkwater–Ross method barely exceeds 0.5 kg, meaning less than 2%. The difference expressed in percentages of the Drinkwater–Ross type prediction is on the average 1–4% in both genders for the studied age interval.

Keywords: *Body composition; Bioelectrical impedance analysis; Obesity.*

Bevezetés

A túlsúlyosság és kövérség gyakorisága különböző vizsgálatok egybehangzó eredménye alapján a jóléti társadalmakban fokozódott, és a kövérség az elmúlt évtizedek egyik leggyakoribb civilizációs betegségévé vált (Must és mtsai 1999, Jermendy 2006, Branca 2007). Az életmód és az elhízás közötti összefüggés vizsgálatához, az elhízás tekintetében veszélyeztetett gyerekek szűréséhez, valamint az elhízás megelőzését szolgáló lépések megtételéhez szükséges a populációk állapotfelmérése mind a testösszetételt, mind a tápláltsági állapotot illetően.

Dolgozatomban a testösszetétel becslésének egy Magyarországon is egyre inkább terjedő módszerével, a bioelektromos impedancia analízissel (BIA) foglalkoztam. A vizsgálat során a BIA-műszer a teljes test enyhe váltakozó árammal szembeni

ellenállásának (impedanciájának) mérésével, a test különböző szövetei vezetési tulajdonságainak ismeretében becsli a test víz-, zsír-, valamint zsírmentes tömegét (Lukaski 1985). A módszer korlátozó tényezője, hogy a regressziók, amelyek segítségével a műszer az elsődlegesen mért impedanciából testzsírtartalmat becsül, ismeretlen populációra lettek kidolgozva, a felhasználó számára nem ismerhetők meg, és nem szerkeszthetők. A testösszetételben, testarányokban mutatkozó etnikai különbségek miatt, a BIA-készülékek populációra validált egyenletek használatával alkalmasak a populációs vizsgálatokban a testzsírtömeg, illetve a sovány testtömeg, valamint a test víztartalmának becslésére (Heyward 1996, Deurenberg és mtsai 2002, Kyle és mtsai 2004). A populációra validált regressziók kidolgozásának szükségességét mutatta, hogy a Második Országos Növekedésvizsgálat (2003–2006, Bodzsár és Zsákai 2007, 2008, 2012, Zsákai és mtsai 2010, Zsákai és Bodzsár 2012) során használt NutriGuard-M típusú BIA-készülék némely esetekben hibásnak tűnő – negatív, vagy irreálisan kicsi – testzsír százalékot becsült. A BIA-készülék becslése és a testösszetétel-becsléséhez referenciamódszerként használt Drinkwater–Ross-féle módszerrel becsült testzsírtömeg között mindkét nemből a vizsgált korcsoportok többségében jelentős különbséget tapasztaltunk. A Drinkwater–Ross-féle módszer becslésének százalékában kifejezett átlagos hiba egyes korcsoportokban fiúknál a 30%-ot, lányoknál a 20%-ot is elérte.

Vizsgálat személyek és alkalmazott módszerek

A vizsgálati célokat szolgáló elemzések alapját a Második Országos Növekedésvizsgálat (2003–2006, Bodzsár és Zsákai 2007, 2008, 2012, Zsákai és Bodzsár 2012), országosan 1,5%-os szinten reprezentatív mintájából random módszerrel kiválasztott, 10–18 éves gyerekekből álló al minta képezte, melyen az antropometriai vizsgálatokat bioelektromos impedancia analízissel történő testösszetétel-vizsgálattal egészítettük ki.

A testösszetételt regressziós modellekkel – kétkomponensű Siri-féle (1956), illetve Pařízková-féle módszerek (1961), valamint a Drinkwater–Ross-féle négykomponensű testösszetétel-becslés (1980) – valamint NutriGuard-M típusú multifrekvenciás, tetrapoláris bioelektromos impedancia analízátorral való mérésével becsültük. A tápláltsági állapotot a testtömeg-index (BMI), valamint a regressziós testzsír százalék-becslő módszerekkel kapott testzsír százalék alapján becsültük (McCarthy és mtsai 2006, Cole és mtsai 2007).

A nemi érettség becslését az első menstruáció/magömlés (menarche/oigarche) bekövetkezése alapján, illetve a külső nemi jellegek fejlettségi stádiumának megállapításával végeztük (Tanner 1962, Zeller 1964, Bodzsár és Zsákai 2004).

A gyerekek relatív testzsírtömegének feltételezhető legjobb közelítéseként a vizsgálatunk által igazolt Drinkwater–Ross-féle testösszetétel-becsléssel kapott zsír százalékot használtuk (Drinkwater és Ross 1980).

A regressziós testzsírbeclő egyenletek megalkotásához a végső becselőparaméterek a bioelektromos impedancia analízátorral mért rezisztencia és reaktancia, a regressziós becselő egyenletekben használt 23 testméret és/vagy azoknak relatív értékei, illetve az azokból képzett indexek közül faktoranalízissel, valamint a Drinkwater–Ross-féle módszerrel becsült abszolút, illetve relatív testzsírtömeggel való korrelációk, valamint a becslés pontosságát mutató R^2 értékek vizsgálatával kerültek kiválasztásra a nem, az életkor és pubertáskorban a nemi érettség figyelembe vételével.

Az adatok statisztikai feldolgozása és elemzése az SPSS for Windows v. 17.0 programmal történt. A centiliseket az LMS módszerre (Cole 1990, Cole és Green 1992) épülő lmsChartMaker Pro 2.3 szoftverrel illesztettük (©Medical Research Council, UK 1997–2006, Pan és Cole 2004). A gyerekek különböző szempontok szerint képzett alcsoportjai testméreteinek, indexeinek és testösszetevő komponenseinek összehasonlítását Scheffé-féle páronkénti próbával, nem normális eloszlású változók esetén pedig Mann–Whitney-féle U-próbával, 5%-os szignifikanciaszinten végeztük (Hajtman 1971, Reiczigel és mtsai 2010). A tápláltsági állapot szerint kialakított alcsoportok homogenitásvizsgálatát χ^2 -próbával végeztük 5%-os szignifikanciaszinten.

Célkitűzések

Célunk volt egyrészt olyan, a magyar populációra érvényes regressziók kidolgozása, amelyek segítségével – a BIA-készülék által mért ellenállásadatokat és még néhány testméretet felhasználó – nemtől, életkortól és érettségi státusztól függő egyenletekkel minden életkorban megbízhatóan becsülhető a test zsírtartalma. Másrészt, a reprezentatív alminta bioelektromos impedancia analízissel mért paramétereire vonatkozóan olyan hazai referenciasorozatokkal kívántunk szolgálni, amelyek a jövőbeni epidemiológiai vizsgálatoknál viszonyítási adatokként használhatók.

(1) Vizsgálati céljaink elérése érdekében az alábbi szempontok szerint elemeztük a gyerekek tápláltsági állapotát és testösszetételét:

(2) Jellemeztük a gyerekek tápláltsági állapotának és testösszetételének életkori változását.

(3) Megvizsgáltuk, hogy mely testösszetétel-becslő módszer a legalkalmasabb arra, hogy referenciamódszerként használjuk BIA-készülékkel történő testösszetétel-becslés pontosítására.

(4) Megvizsgáltuk, hogy miből adódhat a BIA-készülékkel való mérés hibája.

(5) Jellemeztük a mintát a BIA-készülékkel mért és becsült paraméterek szempontjából, leírva az életkori különbségeket, valamint a mért impedancia, illetve a becsült abszolút és relatív testzsírtartalom kapcsolatát.

(6) Összevetettük a BIA-készülék által becsült testzsírtartalmat a referenciamódszerként választott Drinkwater–Ross-féle testösszetétel-becslő módszerrel kapott eredménnyel.

(7) Jellemeztük a nemi érettségi státusz és a testösszetétel, illetve a tápláltsági állapot összefüggéseit.

(8) Az életkor, nem, illetve nemi érettségi státusz figyelembe vételével a BIA-készülék által mért impedancia-értékek, valamint különböző antropometriai méretek felhasználásával regressziós egyenleteket dolgoztunk ki a test zsírtartalmának becslésére.

Következtetések

Mindkét nemnél a gyerekek mintegy 80%-a a testtömeg-index alapján normál tápláltsági állapotba volt sorolható. A fiúk 2%-a, a lányok 4%-a tartozott az alultáplált kategóriába, túlsúlyos vagy kövér pedig a fiúknak mintegy 18%-a, a lányoknak pedig mintegy 14%-a volt. A BMI alapján, valamint a regressziós módszerekkel becsült testzsírszázalék alapján meghatározott tápláltsági kategóriák összehasonlítása azt az eredményt adta, hogy a két szélsőséges tápláltsági kategória (az alultápláltak és kövérek) esetében a Siri- és Pařízková-féle módszernél tapasztaltakkal szemben a Drinkwater–

Ross-féle módszerrel történő kategorizálás néhol jelentősen eltért a BMI alapján történt kategorizálástól. Az alultápláltak és kövérek nemcsak testzsírtömegükben, hanem a csont-, izom- és zsigertömegükben is többnyire a testzsírtömeggel összemérhető mértékben különböztek a normál tápláltsági állapotú csoporttól. A BMI szerint alultáplált csoportnak nem elsősorban a zsírtömege, hanem az izomtömege volt jelentősen kisebb, mint a normál tápláltsági állapotú kategóriáé. A kövérek esetében a fiúknál a BMI által meghatározott túlsúly nagyobb részben a testzsírtömegeből adódott, lányoknál viszont a csont- és izomtömeg is a zsírral összemérhető mértékben vett részt a túlsúly létrehozásában. Ezen eredmények, valamint a három regressziós testösszetétel-becsülő módszer eredményeinek további többszemponút összehasonlítása alapján a regressziós egyenletek szerkesztéséhez a Drinkwater–Ross-féle módszert választottuk, mint a valós testzsírszázalék legjobb közelítését. Eredményeink mellett további érv volt a referenciamódszer használata mellett, hogy az, igen sok antropometriai adat alapján, a testzsírtartalomtól kívül, a testtömeg három további komponensét is becsli, így a testtömeggel visszaellenőrizve a becsült komponensek összegét, igen jól közelítette a valódi testtömeget.

A BIA-készülék által hibásnak, illetve helyesnek vélt becsléssel rendelkező csoportok összehasonlításának eredményei azt mutatták, hogy a csoportok a mért ellenállás-paraméterekben kismértékben, egyes testméretekben és a testösszetételben azonban nagyobb mértékben különböznek. A BIA-készülék által hibásan becsült testzsírszázalékkal rendelkező gyerekek jelentősen kisebb testméretekkel és testzsírszázalékkal rendelkeztek, mint a helyes mérési eredményekkel rendelkezők. A különbség főként a testtömeg, a testzsírszázalék, a bőrredők, valamint a derékerület és felkarkerület esetén volt szembetűnő. A BIA-készülék által mért ellenállásértékek a hibás becslések esetében a legtöbb életkorban nem tértek el jelentősen a helyes becslésektől. A műszer által elsődlegesen becsült abszolút víztömeget illetően a fiúknál nem volt jelentős különbség, a lányoknál viszont több korcsoportban is jelentősen kisebb volt a hibásan becsült abszolút víztömeg, de ezzel párhuzamosan a becsült abszolút zsírtömegük is. Mindezek alapján indokolt új becsülőegyenletek megalkotása, amelyekhez független változóként a mért ellenállásértékek mellett javasolt néhány, a test zsírtartalmával erősen korreláló testméret használata is.

Vizsgálataink során próbáltuk megbecsülni, hogy a készülék milyen kritériumok alapján készült egyenletekkel dolgozik, egy vagy több egyenletet használ. E célból megvizsgáltuk a BIA-készülék által mért ellenállásértékek és a becsült fiziológiai paraméterek egymással való kapcsolatát, valamint változását az életkorral.

Eredményeink azt mutatták, hogy a rezisztencia és a reaktancia szoros kapcsolatban áll a test abszolút víztartalmával és a testtömeggel, gyengébb a kapcsolat az abszolút testzsírtömeggel, és igen gyenge a testösszetevők relatív értékeivel. A BIA-készülék által mért rezisztencia és a becsült paraméterek korrelációjának vizsgálata azt sejtette, hogy a készülék nem használ különböző becsülőegyenleteket sem életkor, sem testtömeg-intervallumok szerint, ily módon azonban fennáll a veszély, hogy a becslés figyelmen kívül hagyja a testösszetevők változásának életkori sajátosságait.

A regressziók kidolgozásához referenciamódszernek választott Drinkwater–Ross-féle becslés és a BIA-készülék által történt testzsír-becslés eredményének összehasonlítása azt mutatta, hogy a BIA-val becsült testzsírszázalék mediánértéke a fiúknál csak 10–14 éves kor között tért el jelentősen a Drinkwater–Ross-féle módszerrel becsülttől. A különbség a Drinkwater–Ross-féle becsléssel kapott testzsírszázalék százalékában kifejezve igen jelentős volt, a BIA-készülék által becsült testzsírszázalék mintegy 10–30%-kal kisebb

volt az egyes életkorokban. Lányoknál a BIA-készülék becslése 12 éves korig jelentősen kisebb (a Drinkwater–Ross-féle becslés százalékában kifejezve 15–25%-kal), 15 éves kortól pedig 10–20%-kal nagyobb volt, mint a Drinkwater–Ross-féle módszerrel becsült érték.

A testzsírszázalék fiúkra jellemző életkori mintázatát mind a BIA-készülékkel, mind a Drinkwater–Ross-féle módszerrel történt becslés mutatta, az abszolút testzsírtömeg jellemző életkori mintázatát viszont a Drinkwater–Ross-féle becslés tükrözte jobban. A lányoknál a Drinkwater–Ross-féle módszerrel becsült testzsírszázalék mediánjainak életkori alakulása hasonlított jobban a nemre jellemző mintára. A BIA-készülék becslése nem tükrözte a serdülőkori növekedési lökés idején jellemző átmeneti testzsírszázalék-csökkenést. A növekedési lökést követő intenzív zsírhalmozást mind a BIA-készülék, mind a Drinkwater–Ross-féle módszerrel becsült testzsírszázalék mintázata csak mérsékelten tükrözte, 16 éves kor után jelentős változást a relatív testzsírtömegben egyik módszer sem mutatott.

Fiúknál a külső genitáliák, illetve lányoknál az emlők fejlettsége alapján, valamint a spermarche és menarche alapján megállapított nemi érettségi státusz tükrében való vizsgálat bizonyította, hogy azonos kronológiai korú gyerekek testösszetétele a nemi érettség függvényében jelentősen eltérhet. Ez azt jelenti, hogy a testzsír becselő egyenletnél figyelembe kell venni nem csak az életkort és nemet, hanem a nemi érettségi státuszt is. Az azonos korú, különböző nemi érettségi státuszú fiúknál a különbség kevésbé volt kifejezett, mint a lányoknál. A testzsír százalékban (mind a Drinkwater–Ross-féle módszerrel, mind a BIA-készülékkel történt becslés esetében) a fiúknál a külső nemi szervek, illetve a lányoknál az emlők fejlettsége alapján meghatározott érési típusok összehasonlításakor sem a korán, sem a későn érők nem tértek el jelentősen a normál érésűek csoportjától. A testzsírtartalomban nagyobb különbséget tapasztaltunk a spermarche, illetve menarche megléte alapján történt kategorizáláskor. Itt fiúknál főleg 14 éves kor után a későn érők jelentősen nagyobb testzsírtartalommal rendelkeztek, mint a normál érésűek. Lányoknál a teljes vizsgált korintervallumban jelentősen különbözött a menarche bekövetkezése alapján kialakított két csoport: a későn érők minden korcsoportban jelentősen kisebb testzsírtartalommal rendelkeztek. A BIA-készülék által mért ellenállásértékekben mindkét, a nemi érettséget becselő módszer esetében jelentős különbség mutatkozott a különböző érettségű gyerekek csoportjai között. A vizsgálatok eredménye alapján a menarche/spermarche szerint történő kategorizálást vettük figyelembe a testzsírbeceklő-egyenletek szerkesztésénél.

Vizsgálati eredményeink nyomán megszerkesztettük a bioelektromos impedancia analízissel mért fizikai paraméterek 10–18 éves magyar gyerekekre vonatkozó referencia sorozatait, továbbá a magyar gyerekek 10–18 év közötti populációjára nemtől, életkortól, és lányoknál nemi érettségtől függő regressziókat állítottunk fel a bioelektromos impedancia analízis által mért impedancia és néhány testméret felvételén alapuló testzsírbeceklésre. A korrelációs vizsgálatok, valamint a beceklő változók megbízhatóságát mutató R^2 értékek vizsgálata azt mutatták, hogy a beceklő paraméterekkel megbízhatóbban becsülhető az abszolút testzsírtömeg, mint a relatív, továbbá a korcsoportokra és pubertástól nemekre osztás, valamint lányok esetében a nemi érettség szerint történő elkülönítés tovább erősítette a beceklés pontosságát. Mind a fiúknál, mind a lányoknál ugyanazon korcsoport-beosztással (12 éves kor alatt és fölött külön egyenleteket használva) kaptuk a legjobb beceklést a test zsírtartalmára. A testzsírtömeg beceklésére szolgáló egyenlet ennek megfelelően 12 éves korig azonos a fiúknál és a lányoknál,

azután nemenként, és a lányoknál a menarche megléte/hiánya alapján eltérő állandók használata szükséges.

A becslőegyenlet formája: $TZS = a + b \times TS + c \times BMI/R + d \times relSSF/Re$, ahol a megfelelő korcsoportra érvényes állandók használandók (TZS: abszolút testzsírtömeg [kg], TS: testtömeg [kg], TM: testmagasság [m], Re: 50 kHz-en mért reaktancia [Ohm], R: 50 kHz-en mért rezisztencia [Ohm], relSSF: a triceps-, lapocka- és csípőredő súlyozott összegének relatív értéke [mm], BMI: testtömeg-index [kg/m²]). A regressziók mindegyike, és a becslő állandók is szignifikánsak voltak.

Az új becslőegyenletek használatát a teljes mintán teszteltük, ami tartalmazta azoknak a gyerekeknek az adatait is, akiket a vizsgálat elején, a hibásnak tűnő BIA-becslések miatt kiemeltünk. Az új regressziós egyenletek becslésének a Drinkwater–Ross-féle módszer becslésétől való átlagos eltérése a testzsírtömeg esetében, az összes korcsoportot vizsgálva, nem haladta meg a 0,6 kg-ot, a testzsírszázalék esetében pedig az 1,6%-ot. Az új becslőmódszernek a Drinkwater–Ross-féle becslés százalékában kifejezett átlagos hibája egy életkorban sem haladta meg a 4%-ot.

Vizsgálati eredményeink alapján elmondható, hogy a gyerekek testösszetétele és a becslő paraméterek közötti kapcsolat mind az életkorral és nemmel, mind pedig a nemi érettséggel változik. Ez azt jelenti, hogy például két azonos nemű, hasonló testdimenziókkal rendelkező, de különböző korú vagy különböző érettségi státuszú gyerek testzsírtartalma még azonos ellenállás paraméterek esetében sem feltétlenül egyezik meg. Az új regressziós egyenletek használatával korrigálva az általunk használt – az Akern BIA101 műszer családból kifejlesztett – NutriGuard bioelektromos impedancia analizátorok mérési eredményeit, pontosabban becsülhető a 10–18 év közötti magyar gyerekek testzsírtömege.

* * *

Köszönetnyilvánítás: Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, dr. Bodzsár Éva egyetemi tanárnak a doktori tanulmányaim során nyújtott segítségéért, támogatásáért. Köszönettel tartozom az ELTE Embertani Tanszék összes többi munkatársának, különösen dr. Zsákai Annamária adjunktusnak, aki mindig készségesen segítségemre állt az adatok elemzése során felmerült elméleti és gyakorlati problémák megoldásában. Köszönöm dr. Csorba Kristóf adjunktusnak a dolgozat statisztikai jellegű kérdéseiben nyújtott segítségét. Köszönöm dr. Szarka Lászlónak, az MTA Kutatóintézeti Főosztály vezetőjének, hogy munkaidőm rugalmas kezelésével támogatta dolgozatom elkészítését.

Felhasznált irodalom

- Bodzsár, É.B., Zsákai, A. (2004): *Humánbiológia. Gyakorlati kézikönyv*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Bodzsár, É.B., Zsákai, A. (2007): Present State of Secular Trend in Hungary. In: Bodzsár, É.B., Zsákai, A. (Eds) *New Perspectives and Problems in Anthropology*. Cambridge Scholars Publishing, Newcastle, UK. 217–225.
- Bodzsár, É.B., Zsákai, A. (2008): A magyar gyermekek növekedési mintázatának szekuláris változása. *Anthropologiai Közlemények*, 49: 75–93.
- Bodzsár, É.B., Zsákai, A. (2012): *Magyar gyermekek és serdülők testfejlettségi állapota. Országos Növekedésvizsgálat 2003–2006*. Plantin Kiadó, Budapest.

- Branca, F., Nikogosian, H., Lobstein, T. (2007, EDs): *The challenge of obesity in the WHO European Region and the strategies for response*. World Health Organisation, Regional Office for Europe, Denmark.
- Cole, T.J. (1990): The LMS method for constructing normalized growth standards. *European Journal of Clinical Nutrition*, 44: 45–60.
- Cole, T.J., Green, P.J. (1992): Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood. *Statistics in Medicine*, 11: 1305–1319.
- Cole, T.J., Flegal, K.M., Nicholls, D., Jackson, A.A. (2007): Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *British Medical Journal*, 335: 194.
- Deurenberg, P., Deurenberg-Yap, M., Guricci, S. (2002): Asians are different from Caucasians and from each other in their body mass index/body fat per cent relationship. *Obesity Reviews*, 3: 141–146.
- Drinkwater, D.T., Ross, W. D. (1980): Anthropometric fractionation of body mass. In: Ostry, M., Beunen, G., Simons, J. (Eds) *Kinanthropometry II*, University Park Press, Baltimore 178–189.
- Hajtman, I. (1971): *Bevezetés a matematikai statisztikába, pszichológusok számára*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Heyward, V.H. (1996): Evaluation of body composition. Current issues. *Sports Medicine*, 22(3): 146–56.
- Jermendy, Gy. (2006): A 2-es típusú diabetes világméretű terjedésének okai és következményei. *Lege Artis Medicinae*, 16(2): 105–113.
- Kyle, U.G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A.D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J.M., Heitmann, B.L., Kent-Smith, L., Melchior, J.-C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A.M.W.J., Pichard, C. (2004): Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23: 1226–1243.
- Lukaski, H.C., Johnson, P.E., Bolonchuk, W.W., Lykken, G.I. (1985): Assessment of fat free mass using bio-electrical impedance measurements of the human body. *American Journal of Clinical Nutrition*, 41: 810–817.
- McCarthy, H.D., Cole, T.J., Fry, T., Jebb, S.A., Prentice, A.M. (2006): Body fat reference curves for children. *International Journal of Obesity*, 30: 598–602.
- Must, A., Spadano, J., Coakley, E.H., Field, A.E., Colditz, G., Dietz W.H. (1999): The Disease Burden Associated With Overweight and Obesity. *JAMA The Journal of The American Medical Association*, 282(16): 1523–1529.
- Pan, H., Cole, T.J. (2004): A comparison of goodness of fit tests for age-related reference ranges. *Statistics in Medicine*, 23: 1749–1765.
- Pařízková, J. (1961) Total body fat and skinfold thickness in children. *Metabolism*, 10: 794–807.
- Reiczigel, J., Harnos, A., Solymosi, N. (2010): *Biostatistika nem statisztikusoknak*. Pars Kft., Nagykovácsi.
- Siri, W.E. (1956): *Body composition from fluid spaces and density*. MS UCRL 3349. Donner Lab. University of California, California.
- Tanner, J.M. (1962): *Growth at Adolescence*. J.B. Lippincott Company, Philadelphia.
- Zsákai, A., Bodzsár, É.B. (2012): The 2nd Hungarian National Growth Study (2003–2006). *Annals of Human Biology*, 39(6): 516–525.
- Zsákai, A., Lichthammer, A., Bodzsár, É.B. (2010): Nutrient and energy intake profile of Hungarian children and adolescents. *Biennial Book of EAA*, 6: 71–83.
- Zeller, W. (1964): *Konstitution und Entwicklung*. Hogrefe, Verlag für Psychologie, Göttingen.

A doktori értekezés témájában a szerző megjelent tanulmányai

Az értekezés témakörében megjelent publikációk

- Zsákai, A., Tóth, K., Kern, B., Vitályos, Á.G., Balázs, Sz., Gábor, Zs., Bodzsár, É.B. (2008) The method dependent prevalence of overweight and obesity in children, *Papers on Anthropology*, XVII: 320–339.
- Tóth, K., Zsákai, A., Bodnár, A., Hornyák, G., Vitályos, Á., Bodzsár, É.B. (2006) A fizikai aktivitás testformára és testösszetételre gyakorolt hatása. *Anthropologiai Közlemények*, 47: 67–74.
- Zsákai, A., Tóth, K., Antalovits, D., Jakab, K., Bodzsár, É.B. (2004) Szekuláris változások 4–18 éves egri gyermekek növekedésében és érésében. *Anthropologiai Közlemények*, 45: 41–49.
- Bodzsár, É.B., Zsákai, A., Jakab, K., Tóth, K. (2004) Body fatness and sexual maturation status. *Anthropological Notebooks*, 10(1): 91–98.

Az értekezés témaköréhez kapcsolódó előadás-kivonatok

- Tóth, K., Zsákai, A., Bodzsár, É.B. (2008) Relationship between body composition and sexual maturation in Hungarian adolescents. 16th Congress of the European Anthropological Association. Odense, Denmark, Abstracts 27.
- Tóth, K., Zsákai, A., Bodzsár, É.B. (2007) Physical activity, somatotype and body composition. Intensive Course in Biological Anthropology. *EAA Summer School eBook*, 1: 197–201. Charles University, Prague, Czech Republic (http://eaa.elte.hu/Prague_papers.html)
- Tóth, K., Hornyák, G., Vitályos, Á. G., Zsákai, A., Bodzsár, É.B. (2006) Effects of physical activity on body build and body composition. „Man and Environment: Trends and Challenges in Anthropology”. 15th Congress of the European Anthropological Association. Budapest, Programme and Abstracts 89.
- Jakab, K., Zsákai, A., Tóth, K., Bodzsár, É.B. (2004) Nutrition status and sexual maturation. 14th Congress of the European Anthropological Association, Komotini, Greece, Abstracts 22.

Levelezési cím: Tóth Katalin
Mailing address: MTA Titkárság
Nádor utca 7.
H-1051 Budapest
Hungary
toth.katlin@gmail.com