

## 14–21 ÉVES SPORTOLÓK KLASSZIKUS ANTROPOMETRIAI ÉS MODERN MŰSZERES TECHNIKÁKKAL BECSÜLT TESTZÍRSZÁZALÉKÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE

Rácz-Sulyok Fanny Zselyke<sup>1,2,3</sup>, Jang-Kapuy Csilla<sup>2</sup>, Bakonyi Péter<sup>1</sup>, Petridis Leonidas<sup>1,4</sup>,  
Zsákai Annamária<sup>1,2</sup> és Szabó Tamás<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magyar Kézilabda Szövetség Sporttudományi és Diagnosztikai Igazgatóság, Budapest; <sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Embertani Tanszék, Budapest; <sup>3</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológia Doktori Iskola, Budapest; <sup>4</sup>Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem, Sportélettani Kutató Központ, Budapest

**Rácz-Sulyok F. Zs., Jang-Kapuy Cs., Bakonyi P., Petridis L., Zsákai A., Szabó T.:** *Comparative analysis of body fat percentage estimations via classical anthropometric and modern instrumental techniques in athletes aged 14–21 years. Currently, one of the most accurate measurements of body composition components, including the fat content of the body is based on the method of dual X-ray absorptiometry (DEXA). The application of the DEXA method in clinical setting is usually limited to the assessment of bone health status due to the device's cost and immobile nature, therefore in sport diagnostics the body composition estimation is usually carried out with other methods, such as bioimpedance analysis or anthropometrical methods based on the measurement of body dimensions, which ensure a rapid, accurate and frequently repeatable way of examination.*

*For our research goal we choose the comparison of the most frequently used body fat percentage estimation methods. The accuracy of the other methods in the light of the DEXA estimations is presented. Sport Sciences and Diagnostic Research Centre of the Hungarian Handball Federation coordinated the assessment of 171 young elite handball players (14–21-year-olds), whose body composition estimations were performed in the spring and summer of 2023.*

*The preliminary analysis of body fat percentage estimates in handball players carried out with different methods showed that the rapid and cost-efficient estimations based on anthropometric skinfold measurements can substitute the body fat percentage estimation method based on the clinically acclaimed golden standard dual X-ray absorptiometry technology. Body fat percentage estimation via InBody 770 device showed significantly lower values compared to the DEXA method, however this difference was consistent, therefore body composition assessment via InBody device can serve as an alternative of monitoring personal progress and status. We also carried out examinations with a novel ultrasound technology aided by BodyMetrix device, its subcutaneous fat thickness measurement estimated accurately the skinfold thicknesses on human body, its body fat percentage estimation based the skinfold thicknesses was adequately accurate compared to the DEXA method.*

*With the aid of available DEXA measurement results and with the aim of creating an alternative method with low instrument requirement for body fat percentage estimation, which can be used with the highest accuracy particularly considering the body composition of young elite athletes, we created a modified sport-specific body fat percentage estimation equation. Our new estimation method was based on classical anthropometric skinfold measurements, and it accurately correlated with the DEXA body fat% estimates in case of young elite handball players.*

**Keywords:** DEXA; BIA; Anthropometry; Body fat percentage; Athletes.

## Bevezetés

Az emberi test csont-, izom- és zsírkomponensei mérésének jelenleg egyik legpontosabb módszere a kétspektrumú röntgen abszorpciometrián (Dual X-ray Absorptionmetry - DEXA) alapszik. A DEXA egy nem invazív módszer, amely két különböző fotonenergiájú röntgensugár lágy szövetekben, illetve ásványianyagban gazdag szövetekben való eltérő elnyelődési arányait felhasználva becsüli a testösszetevő komponensek egységnyi felületre vonatkoztatott mennyiségét, illetve a csontszerkezet mutatóit (Dimai 2017, Lewiecki és Binkley 2017). A teljes test és a test szegmenseinek (fej, törzs, felső, ill. alsó végtagok – oldalanként külön-külön) összetételének, illetve csontszerkezeti mutatóinak becslésére is alkalmas a módszer (Shepherd és mtsai 2017). A csontok szerkezeti vizsgálatok a csontsűrűségi méréseken kívül a csontok szivacsos állományának szerkezeti, valamint a csípőízületi csontok és csigolyák geometrikus vizsgálata is elvégezhető a készülékkel (Lewiecki és Binkley 2017). Bilsborough és munkatársai (2014) élsportolókon (ausztrál futball) végzett vizsgálatai alapján a DEXA módszer alkalmas az élsportolóknál a fokozott mértékű fizikai aktivitás következtében kialakuló alacsony testzsír-százalék és magas izomszázalék esetén is a testösszetevő komponensek pontos becslésére.

A teljes népességre kiterjedő embertani, epidemiológiai vizsgálatok mellett szükség van számos speciális csoport testösszetételi vizsgálatára is, így például krónikus betegek, élsportolók vizsgálatára, hiszen bizonyos csoportok testösszetételi mutatóik tekintetében lényegesen eltérnek az átlagos népesség értékeitől (Lee és Giovannucci 2018). A betegcsoportok körében végzett testösszetételi adatgyűjtés betekintést nyújthat kialakulóban lévő, vagy már kialakult krónikus betegségek, illetve gyógyulás utáni testösszetételre is kiható folyamatokba, segíthet leírásukban és veszélyeztetett csoportok esetén a prevenció munkáinak tervezésében is (Albanese és mtsai 2003, Andreoli és mtsai 2016). A sportolói testösszetételi referencia-sorozatok segíthetnek a sportágra vagy a sportágon belül a posztra jellemző ideális, eredményes testösszetételi referenciáktól való eltérések beazonosításában, az egyéni fejlődés és edzésterv hatásosságának megállapításában, illetve a kóros folyamatok felé vezető túledzettség felismerésében (Nana és mtsai 2015).

Bár a DEXA módszer testösszetevőkre, csontsűrűsége, csontgeometriai mutatókra vonatkozó mérési eredményei a legpontosabbak a napjainkban használt módszerek közül, a viszonylag alacsony sugárterhelési kockázat vállalása mellett hátrányai, hogy a berendezés nem mobilizálható, terepen nem használható és a vizsgálat elvégzése évente maximum egy alkalommal ajánlott. Egy vizsgálat 0,1–7,5  $\mu\text{Sv}$  effektív sugárdózissal terheli a páciens, amely nem sokkal több a 2,4 mSv éves természetes háttérsugárzás napi értékétől (6,7  $\mu\text{Sv}/\text{nap}$ ), míg összehasonlításképpen egy CT-felvétel több évnnyi háttérsugárzás mennyiségének teszi ki a páciens (Bazzocchi és mtsai 2016).

A DEXA módszer eszközkölsége és helyhez kötöttsége miatt epidemiológiai, auxológiai, sportdiagnosztikai felmérésekben az antropometriai vizsgálatok (testméretek és testösszetevő komponensek közötti kapcsolatrendszer alapján szerkesztett regressziós egyenletekre épülő becslések) mellett leggyakrabban az ún. bioimpedancia analízissel (BIA) végzik a testösszetételbecslést. A BIA módszerrel a csont-, zsír- és vázizomtömeg becslésén túl lehetőségünk nyílik a test teljes víztartalmát, az extra- és intracelluláris vizek arányát is becsülni a teljes testre és a test szegmenseire vonatkozóan is (Antonio és mtsai 2019).

Napjainkban egy további módszer is megjelent a testösszetevő komponensek becslésének eddig használt módszerei mellett, ugyanis lehetőség van ma már a törzs és a végtagok zsír- és izomrétegei vastagságának ultrahangos készülékkel történő becslésére (pl. BodyMetrix műszer), amely vastagságmérések a zsír- és izomtömeg becslésére is lehetőséget adnak.

A Magyar Kézilabda Szövetség Sporttudományi és Diagnosztikai Igazgatósága laboratóriumában élsportoló fiatalok testfejllettségi, testszerkezeti, terhelésélettani, biomechanikai és immun-endokrin státuszának vizsgálatait kezdtük el 2023-ban. A tanulmányunkban bemutatásra kerülő elemzésünkkel célunk volt, hogy az élsportoló fiatalok testösszetételi vizsgálataiba bevont módszerek (DEXA, BIA, antropometriai technika, ultrahangos módszer) eredményeinek együttes értékelésével kiválasszuk a legegyszerűbben használható, egyszerű eszközigényű, a DEXA „standard”-hoz képest elfogadható pontosságú testzsír-százalékbecslő módszert, amelyet nyugodt szívvel tudunk ajánlani terepmunkák során, fiatalok körében végzendő, évente többször ismétlődő, testösszetételi vizsgálatokhoz.

### Vizsgált személyek és alkalmazott módszerek

A Magyar Kézilabda Szövetség Sporttudományi és Diagnosztikai Igazgatósága szervezésében 171 fiatal válogatott kézilabdázó (14–21 évesek, 114 fiú és 57 leány, 1. táblázat) antropometriai felmérését és testösszetételi vizsgálatát végeztük el 2023 tavaszán és nyarán. A testméretek felvételére standard eszközök és standard módszerek segítségével került sor (Weiner és Lourie 1969). A sportolók testösszetételi vizsgálatát az antropometriai módszeren kívül Lunar Prodigy (GE) DEXA készülékkel, InBody 770 (Biospace Co, USA) testösszetétel analízáló készülékkel, valamint BodyMetrix (IntelaMetrix, USA) ultrahangos készülékkel végeztük el.

1. táblázat. A vizsgált minta életkori és nemi megoszlása.  
Table 1. The distribution of the studied sample by age and sex.

| Életkor (év) –<br>Age (years) | Fiúk/férfiak –<br>Boys/men | Leányok/nők –<br>Girls/women |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 14                            | 12                         | 4                            |
| 15                            | 53                         | 16                           |
| 16                            | 2                          | 10                           |
| 17                            | 7                          | 9                            |
| 18                            | 7                          | 2                            |
| 19                            | 12                         | 16                           |
| 20                            | 7                          | –                            |
| 21                            | 14                         | –                            |
| Összesen – Total              | 114                        | 57                           |

A kézilabdázó fiatalok testzsír-százalékának bőrredővastagságok alapján történő becslésekor a Slaughter és munkatársai (1988) által gyermekek és fiatalkorúak testzsír-százalékának becsléséhez kidolgozott, és a Lozano-Berges és munkatársai (2019) labdarúgó serdülők vizsgálata alapján, serdülőkorú sportolók testzsír-százalékának becsléséhez ajánlott egyenleteit használtuk.

Vizsgálatainkban egy eredetileg állatok testzsír-százalék-becslésére bevezetett, ma már emberek zsír- és izomréteg-vastagságának mérése is alkalmas, mobilis, egyszerű

eszköz igényű, potenciális sugárveszélyforrást nem jelentő, ultrahangos műszerrel is becsültük a sportolók testösszetételét. A BodyMetrix műszer esetében a becslés alapjául a standard módon meghatározott mérőpontokon, a bőrfelszínre merőlegesen a szövetekbe irányított ultrahang eltérő távolságokból különböző intenzitással visszaverődő jele szolgál, amely alapján meghatározható a szubkután zsírréteg, illetve az izomrétegek vastagsága is. Az ultrahangos módszer előnye, hogy minimálisra csökkenti a mérési pontosság variációját az antropometriai módszer pontosságához képest (Ulbricht és mtsai 2012). A BodyMetrix ultrahangos készülékkel a BodyView szoftver ajánlása alapján 4 bőrredő vastagságát becsültük a sportoló fiatalok törzsén és végtagjain (fiúk: tricepsz-, bicepsz-, lapocka-, elülső felső csípőtővis feletti redő, lányok: tricepsz-, derék-, elülső felső csípőtővis feletti redő és mediális combredő), amely zsírrétegvastagságok alapján automatikus testzsírszázalék-becslést végzett a készülék.

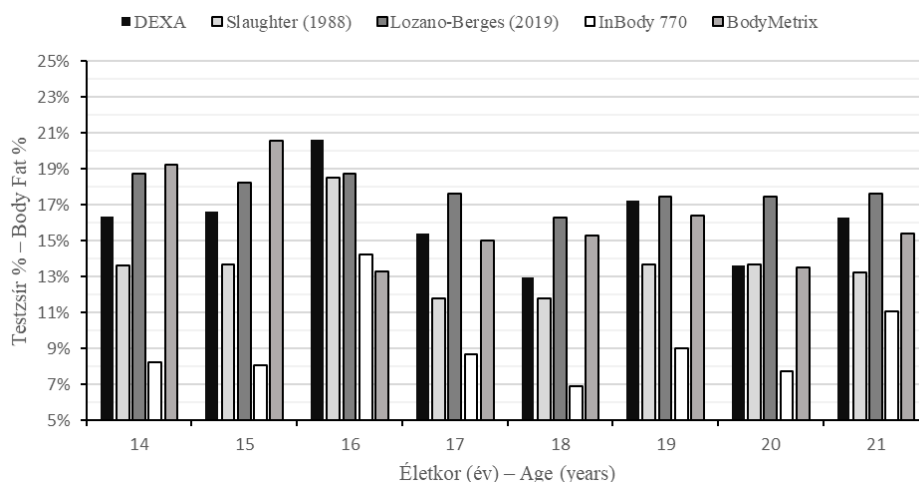
A statisztikai elemzéseket az SPSS v. 23 programcsomaggal végeztük el. A különböző alcsoportokra jellemző, folyamatos, nem normál eloszlású testzsírszázalék összehasonlítását nem parametrikus tesztekkel végeztük (páros Mann–Whitney teszt, Kruskal–Wallis teszt), a folyamatos változók közötti kapcsolatot Pearson-féle korrelációs elemzéssel jellemeztük. A kézilabdázó fiatalok testzsírszázalékának becslésére javasolt, új egyenlet kidolgozásához a bőrredővastagságok és a DEXA műszerrel becsült testzsírszázalék közötti kapcsolat lineáris regressziós elemzését végeztük el. Hipotéziseinket 5%-os szinten teszteltük.

### Vizsgált eredmények és értékelésük

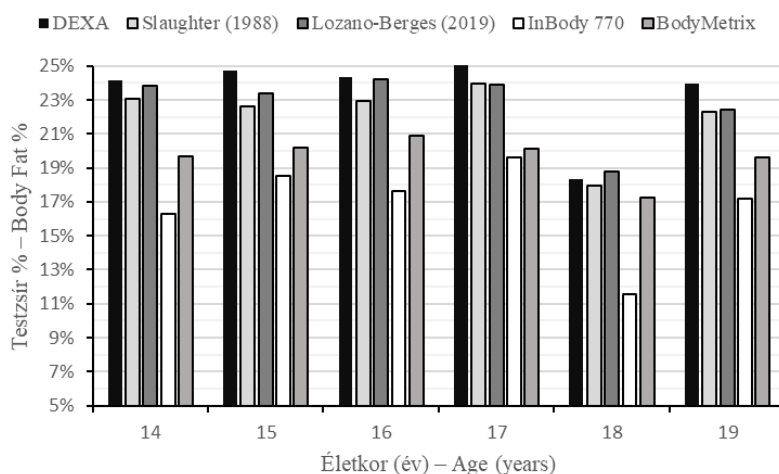
#### *Kézilabdázó fiatalok testzsírszázalékának becslése különböző módszerekkel*

A fiatal kézilabdázók testzsírszázaléka korcsoportonkénti mediánértékeinek különbségei nagyon hasonló mintázatúak a különböző becslőmódszerek esetében (1–2. ábra). A kézilabdázók testzsírszázalékának korcsoportok közötti különbségeinek mintázata azonban eltérő a fiúk/férfiak és lányok/nők csoportjai esetén (1–2. ábra). A fiúk esetében 14–16 éves kor között a testzsírszázalék mediánértékének növekvő tendenciája igazolható (Kruskal–Wallis teszt,  $p < 0,05$ ), majd a 16 és 17 évesek korcsoportja között értéke csökkent, 17 évesek korcsoportjától viszont nem változott tovább jelentősen a vizsgált korintervallumban (1. ábra). Lányok/nők esetén a testzsírszázalék korcsoportos mediánértéke nem változott jelentősen az életkor előrehaladtával (Kruskal–Wallis teszt,  $p < 0,05$ ), ez alól egyedül a 18 évesek korcsoportja jelent kivételt, akiknek mediánértéke a többi korcsoport testzsírszázalék-értékétől jelentősen kisebb volt (2. ábra).

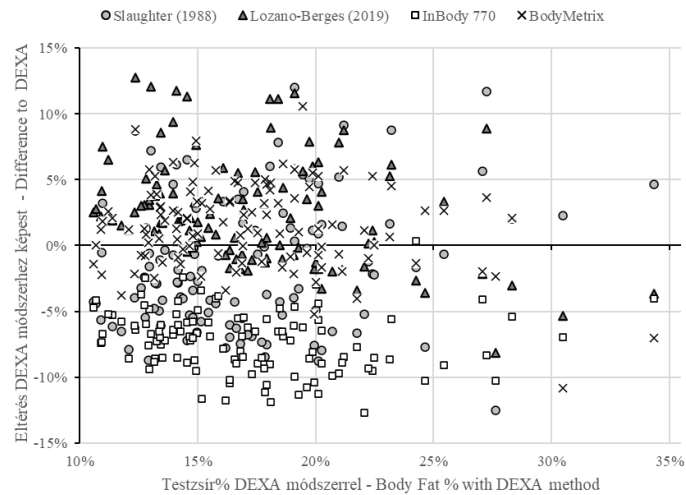
A testösszetétel-becslő módszerekkel elvégzett vizsgálatok eredményeiből a test zsírszöveti mennyiségének arányát elemeztük tanulmányunkban. A becslőmódszerek eredményeinek összehasonlításakor (1–2. ábra) a DEXA módszer becslését tekintettük a szakirodalmi előzmények alapján etalonnak, amelyhez a többi módszer eredményeit hasonlítottuk (3–4. ábra). A Slaughter és munkatársai által kidolgozott módszer átlagosan 1,5%-kal, az InBody 770-es műszerrel végzett mérés átlagosan 7,3%-kal alulbecsülte, míg a Lozano-Berges és munkatársai-féle antropometriai becslés 2,5%-kal felülbecsülte a testzsírszázalékot fiúk/férfiak esetén (páros Mann–Whitney teszt,  $p < 0,05$ , 2. táblázat). A BodyMetrix ultrahangos műszerrel becsült testzsírszázalék mediánok értéke nagyobb (14, 15, 18 évesek, páros Mann–Whitney teszt,  $p < 0,05$ ), vagy közel azonos (17, 19, 20, 21 évesek, páros Mann–Whitney teszt,  $p > 0,05$ ) volt, mint a DEXA műszerrel becsült testzsírszázalék mediánok (1., 3. ábra, 2. táblázat).



*1. ábra:* 14–21 éves férfi kézilabdázók különböző módszerekkel (DEXA, antropometriai I. módszer – Slaughter és mtsai 1988, antropometriai II. módszer – Lozano-Berges és mtsai 2019, InBody 770 készülék, ultrahangos módszer) becsült testzsír százalékának korcsoportonkénti mediánértékei.  
*Fig. 1:* Median values of body fat percentage (estimated by DEXA, anthropometric I – Slaughter et al. 1988, anthropometric II – Lozano-Berges et al. 2019, InBody 770 and ultrasound methods) by age groups in male handball players aged 14–21 years.

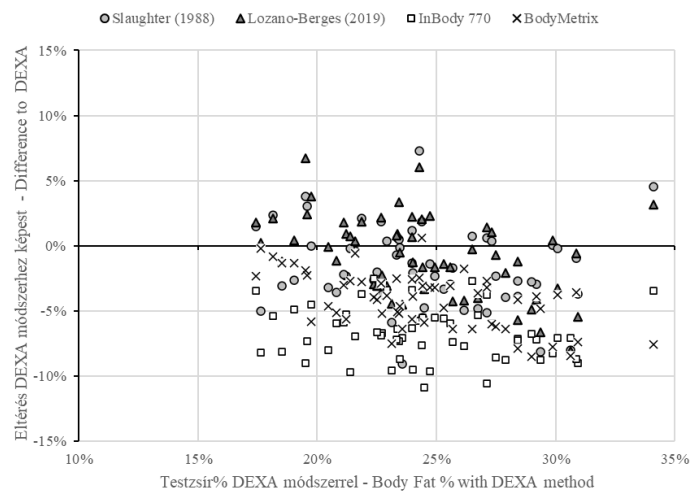


*2. ábra:* 14–19 éves női kézilabdázók különböző módszerekkel (DEXA, antropometriai I. módszer – Slaughter és mtsai 1988, antropometriai II. módszer – Lozano-Berges és mtsai 2019, InBody 770 készülék, ultrahangos módszer) becsült testzsír százalékának korcsoportonkénti mediánértékei.  
*Fig. 2:* Median values of body fat percentage (estimated by DEXA, anthropometric I – Slaughter et al. 1988, anthropometric II – Lozano-Berges et al. 2019, InBody 770 and ultrasound methods) by age groups in female handball players aged 14–19 years.



3. ábra: Fiatal férfi kézilabdázók testzsír százalék értékeinek (antropometriai módszerekkel – Slaughter és mtsai 1988, Lozano-Berges és mtsai 2019 regressziós egyenleteivel, BIA módszerrel – InBody 770 műszerrel, ultrahangos módszerrel – BodyMetrix készülék) eltérései a DEXA készülék által mért testzsír százaléktól a DEXA becslés függvényében.

Fig. 3: The differences between the estimated values of body fat percentage (anthropometric methods – Slaughter et al. 1988, Lozano-Berges et al. 2019, BIA method – InBody 770 equipment, ultrasound technique – BodyMetrix equipment) and the body fat% values measured by DEXA by age groups in male handball players in the mirror of DEXA body fat% estimation.



4. ábra: Fiatal női kézilabdázók testzsír százalék értékeinek (antropometriai módszerekkel – Slaughter és mtsai 1988, Lozano-Berges és mtsai 2019 regressziós egyenleteivel, BIA módszerrel – InBody 770 műszerrel, ultrahangos módszerrel – BodyMetrix készülék) eltérései a DEXA készülék által mért testzsír százaléktól a DEXA becslés függvényében.

Fig. 4: The differences between the estimated values of body fat percentage (anthropometric methods – Slaughter et al. 1988, Lozano-Berges et al. 2019, BIA method – InBody 770 equipment, ultrasound technique – BodyMetrix equipment) and the body fat% values measured by DEXA by age groups in female handball players in the mirror of DEXA body fat% estimation.

A leányok/nők esetén (2., 4. ábra) a DEXA értékeihez minden esetben közel állt a Slaughter és munkatársai-féle és a Lozano-Berges és munkatársai-féle becslőmódszer eredménye is (Mann–Whitney teszt,  $p > 0,05$ ). A leányok/nők körében a Slaughter és munkatársai-féle antropometriai becslés átlagosan 1,7 %-kal, a Lozano-Berges és kollégái által kidolgozott módszer 0,7%-kal, az InBody 770-es készülék pedig 6,8%-kal becsülte alul a testzsírszázalékot a DEXA műszerrel becsült testzsírszázalékhoz képest (páros Mann–Whitney teszt,  $p < 0,05$ ). A leányoknál is az InBody 770-as műszerrel végzett testzsírszázalék-becslés eredményezte a legalacsonyabb mediánértékeket, a BodyMetrix pedig minden esetben alulbecsülte a DEXA műszerrel végzett becsléshez képest a testzsírszázalékot, átlagosan 4,2%-os eltéréssel (páros Mann–Whitney teszt,  $p < 0,05$ , 2., 4. ábra, 2. táblázat).

Mindkét nem esetében szignifikáns volt különbség a DEXA módszerrel és más módszerekkel becsült testzsírszázalék értékek között (páros Mann–Whitney teszt,  $p < 0,05$ ), kivéve a női kézilabdázók Lozano-Berges és munkatársai által kidolgozott antropometriai becslőmódszere esetén (Mann–Whitney teszt,  $p > 0,05$ , 2. táblázat).

A vizsgált módszerekkel és a DEXA műszerrel becsült testzsírszázalék értékei között minden esetben szignifikáns korrelációt tudunk igazolni (3. táblázat). A legszorosabb korrelációt a DEXA műszerrel mért testzsírszázalék értékei a BIA módszerrel mért eredményekkel mutatták, míg a legkevésbé szoros korrelációt a Lozano-Berges és munkatársai (2019) által kidolgozott regressziós egyenlettel, a bőrredővastagságok alapján becsült testzsírszázalék-értékekkel.

2. táblázat. A vizsgált módszerekkel becsült testzsírszázalék értékeknek DEXA műszerrel becsült értékektől való eltérésének előjele korcsoportonként (csak a szignifikáns eltérések kerültek feltüntetésre, páros Mann–Whitney próba,  $p < 0,05$ ).

Table 2. The sign of difference between body fat percentage estimates by the studied methods to the DEXA estimates (only significant differences are indicated, paired Mann–Whitney test,  $p < 0.05$ ).

| Módszerek – Methods   | Életkor (év) – Age (years) |    |    |    |    |    |    |    |
|---|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
|   | 14                         | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| <i>Fiúk/férfiak – Boys/men</i>  |                            |    |    |    |    |    |    |    |
| Antropometriai I. – Anthropometric I<br>(Slaughter és mtsai 1988)       | -                          | -  |    | -  |    | -  |    | -  |
| Antropometriai II. – Anthropometric II<br>(Lozano Berges és mtsai 2019) |                            | +  |    | +  | +  |    | +  |    |
| Bőrellenállás mérésén alapuló BIA<br>(InBody 770)                       | -                          | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| Ultrahangos módszer – Ultrasound<br>method (BodyMetrix)                 | +                          | +  | -  |    | +  |    |    |    |
| <i>Leányok/nők – Girls/women</i>  |                            |    |    |    |    |    |    |    |
| Antropometriai I. – Anthropometric I<br>(Slaughter és mtsai 1988)       |                            | -  | -  |    |    |    |    |    |
| Antropometriai II. – Anthropometric II<br>(Lozano Berges és mtsai 2019) |                            |    |    | -  |    |    |    |    |
| Bőrellenállás mérésén alapuló BIA<br>(InBody 770)                       | -                          | -  | -  | -  | -  | -  |    |    |
| Ultrahangos módszer – Ultrasound<br>method (BodyMetrix)                 | -                          | -  | -  | -  |    | -  |    |    |

3. táblázat. A vizsgált módszerekkel becsült testzsír százalék értékek DEXA műszerrel becsült értékekkel mutatott korrelációjának Pearson-féle együtthatói (\*: szignifikáns korreláció,  $p < 0,05$ ).  
 Table 3. The Pearson correlation coefficients of body fat percentages by the studied methods to the DEXA estimates (\*: correlation is significant,  $p < 0,05$ ).

| Módszerek – Methods   | Fiúk/férfiak –<br>Boys/men | Leányok/nők –<br>Girls/women |
|---|----------------------------|------------------------------|
| Antropometriai I. – Anthropometric I<br>(Slaughter és mtsai 1988)       | 0,745*                     | 0,725*                       |
| Antropometriai II. – Anthropometric II<br>(Lozano Berges és mtsai 2019) | 0,639*                     | 0,664*                       |
| Bőrellenállás mérésén alapuló BIA<br>(InBody 770)                       | 0,871*                     | 0,870*                       |
| Ultrahangos módszer – Ultrasound<br>method (BodyMetrix)                 | 0,758*                     | 0,824*                       |

A különböző módszerekkel becsült testzsír százalék-értékeket a DEXA módszerrel becsült értékek tükrében értékelve megállapítható, hogy a vizsgált kézilabdázó fiatalok körében a Lozano-Berges és munkatársai által kidolgozott antropometriai módszert tudjuk ajánlani mindkét nem számára sportoló fiatalok testzsír százalékának becslésére, abban az esetben, ha DEXA műszer nem áll a vizsgálatot elvégzők rendelkezésére és nem csak az egymást követő vizsgálatok során mutatkozó testzsír százalék-változás fontos a vizsgálatok során, hanem az aktuális testzsír százalékokat is szeretnék minél pontosabban megbecsülni.

*Javaslat kézilabdázó fiatalok testzsír százalékának antropometriai becslésére*

Lozano-Berges és munkatársai módszerük bemutatásakor felhívták a figyelmet arra, hogy egyenleteiket labdarúgó fiatalok csoportján dolgozták ki, és emiatt sportáganként szükségesnek tartják külön-külön testzsír százalékbecslő egyenletek kidolgozását. Az általuk az egyenletük segítségével elvégzett becsléssel kapott testzsír százalék-értékek DEXA műszerrel becsült értékekkel mutatott korrelációtól ( $r = 0,925$ ) az általunk vizsgált kézilabdások DEXA és antropometriai módszerekkel meghatározott testzsír százalékának korrelációja jelentősen gyengébb kapcsolatot igazolt (fiúk:  $r = 0,639$ , leányok:  $r = 0,664$ ).

Az általunk vizsgált kézilabdázók mintája elegendően nagy ahhoz, hogy a kézilabdázó sportolók testzsír százalékának becslésére a Lozano-Berges és munkatársai által követett technikával új becslőegyenleteket dolgozzunk ki a DEXA módszerrel becsült egyedi testzsír százalék-értékek és bőrredővastagságok alapján. Ehhez a minta 80%-ának (136 fő) adatait használtuk fel a lineáris regressziós elemzésben, majd a vizsgált sportolók maradék 20%-ának (35 fő) adatain elemeztük a regressziós elemzéssel nyert egyenlettel elvégzett testzsír százalék-becslés pontosságát. A vizsgált 4 bőrredővastagság (tricepsz-, lapocka-, elülső felső csípőtővis feletti, alszárredő) közül az elemzéseink alapján a kézilabdázók esetében is elegendő a tricepsz- és a csípőredő a testzsír százalék becslése során, a másik két bőrredővastagság a becslés pontosságát nem növelte tovább jelentősen. A lineáris egyenlet, amelynek segítségével javasoljuk fiatal kézilabdázó sportolók testzsír százalékának antropometriai módszeren alapuló becslését, a következő:

$$\text{testzsír}\% = 2,115 + 0,275 \times (\text{tricepszredő, mm}) + 0,465 \times (\text{csípőredő, mm}) - 6,816 \times \text{nem (fiú=1, leány=2)}.$$

A becslés pontossága ( $r = 0,943$ ) alapján kézilabdázó fiatalok esetében nem az eredeti, hanem ezt a módosított Lozano-Berges és munkatársai-féle egyenletet ajánljuk a testzsír százalék antropometriai becsléséhez.



## Következtetések

Összesen 171, 14–21 éves élsportoló, válogatott kézilabdázó testösszetételi vizsgálatát végeztük el a Magyar Kézilabdaszövetség Sporttudományi és Diagnosztikai Igazgatósága laboratóriumában. Célunk volt a testzsírszázalék becsléséhez napjainkban leggyakrabban használt módszerek becslési eredményeit a DEXA műszerrel meghatározott testzsírszázalék-értékek tükrében értékelni. A DEXA becslés mellett (1) BIA módszeren alapuló InBody 770 készülékkel, (2) ultrahangos mérésen alapuló BodyMetrix készülékkel és (3) antropometriai méréseken alapuló becselő egyenletek (Slaughter és mtsai 1988, Lozano-Berges és mtsai 2019) segítségével határoztuk meg a sportolók testzsírszázalékát.

A testzsírszázalék becslésében standardként elismert DEXA módszertől két komponensben figyeltek meg a korábbi vizsgálatok során konzisztens irányú eltérést a BIA műszerek esetében: a BIA módszerrel becsült testzsír mennyisége kisebb volt, míg a zsírmentes testösszetevő mennyisége nagyobb volt, mint a DEXA becslése. A két módszer közötti eltérés elemzésének eredményei alapján regressziós egyenleteket szerkesztettek, hogy amennyiben DEXA készülék nem áll rendelkezésre, BIA módszerrel is helyettesíthető legyen és a becslés minél pontosabb lehessen, amely módszer használatát kidolgozói főként egyéni fejlődés monitorozására ajánlják sportolók esetén (McLester és mtsai 2020).

A BodyMetrix ultrahangos testzsírszázalék-becslés pontosságát a DEXA műszerrel végzett becslés tükrében eddig nem elemezték még. Vizsgálatunk eredményei azt mutatják, hogy a BodyMetrix műszerrel végzett testzsírszázalék becslése szoros korrelációban van a DEXA műszerrel becsült testzsírszázalék értékével a vizsgált kézilabdázó fiatalok mintáján mindkét nem esetében (3. táblázat), azonban az ultrahangos műszerrel végzett becslés a leányok/nők esetében a kézilabdázók mintájában átlagosan 4,2%-kal becsülte alul a DEXA műszerrel mért testzsírszázalék-értékét. A fiú/férfi kézilabdázók esetében nem állapítható meg ilyen egységes trend a két módszer különbségeiben, a vizsgált korintervallum elején az ultrahangos módszer jelentősen túlbecsülte, majd alulbecsülte a DEXA műszerrel becsült értékeket, míg a vizsgált korintervallum végén már csak átlagosan 2% körüli eltérés mutatkozott a két módszerrel becsült testzsírszázalék-értékek között.

Vizsgálati eredményeink alapján a Lozano-Berges és munkatársai-féle (2019) antropometriai módszert tudjuk sportoló fiatalok testzsírszázalékának becsléséhez ajánlani, ha a DEXA műszeres vizsgálat nem elérhető a vizsgálatot végzők számára. Kézilabdázó fiatalok testzsírszázalékának becsléséhez a Lozano-Berges és munkatársai által kidolgozott egyenletek kutatócsoportunk által módosított változatát ajánljuk.

A fiatal kézilabdázók testzsírszázalékának különböző módszerekkel végzett becslési eredményeit összehasonlítva megállapítható, hogy a klasszikus antropometriai mérésekkel gyorsan és költséghatékonyan elvégezhető becselőmódszerek használata megbízhatóan helyettesítheti a klinikumban standardként elfogadott két-spektrumú röntgenabszorpciometria segítségével történő mérést. A Slaughter és munkatársai (1988) által kidolgozott testzsírszázalék becselő egyenlet mind az általános populáció, mind pedig elit sportoló fiatalok körében is pontos becslés nyújt. Lozano-Berges és munkatársai (2019) által labdarúgó fiatalok testzsírszázalék-becslésére kialakított egyenlettel is megbízható becslést kapunk, ajánlásuk szerint sportáganként eltérő egyenletek kidolgozása hasznossá válhat a sportdiagnosztika számára. Az InBody 770 készülékkel mért eredmények bár nagyban alulbecsülik a testzsírszázalékot, de a DEXA műszerrel becsült értékhez képest az eltérés konzisztens, így egyéni fejlődés és monitorozás céljából megfelelő alternatíva a BIA technikán alapuló InBody 770 készülékkel végzett testzsírszázalék-becslés is.

## Irodalom

- Albanese, C.V., Diessel, E., Genant, H.K. (2003): Clinical applications of body composition measurements using DXA. *Journal of Clinical Densitometry*, 6: 75–85. DOI: [10.1385/JCD:6:2:75](https://doi.org/10.1385/JCD:6:2:75)
- Andreoli, A., Garaci, F., Cafarelli, F. P., Guglielmi, G. (2016): Body composition in clinical practice. *European Journal of Radiology*, 85: 1461–1468. DOI: [10.1016/j.ejrad.2016.02.005](https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.02.005)
- Antonio, J., Kenyon, M., Ellerbroek, A., Carson, C., Tyler-Palmer, D., Burgess, V., Angeli, G., Silver, T., Jiannine, L., Peacock, C. (2019): Body Composition Assessment: A Comparison of the Bod Pod, InBody 770, and DXA. *Journal of Exercise and Nutrition*, 2: 11. <https://www.journalofexerciseandnutrition.com/index.php/JEN/article/view/44>
- Bazzocchi, A., Ponti, F., Albinini, U., Battista, G., Guglielmi, G. (2016): DXA: Technical aspects and application. *European J. of Radiology*, 85: 1481–1492. DOI: [10.1016/j.ejrad.2016.04.004](https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.04.004)
- Bilsborough, J.C., Greenway, K., Opar, D., Livingstone, S., Cordy, J., Coutts, A.J. (2014): The accuracy and precision of DXA for assessing body composition in team sport athletes. *Journal of Sports Sciences*, 32: 1821–1828. DOI: [10.1080/02640414.2014.926380](https://doi.org/10.1080/02640414.2014.926380)
- Dimai, H.P. (2017): Use of dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for diagnosis and fracture risk assessment; WHO-criteria, T- and Z-score, and reference databases. *Bone*, 104: 39–43. DOI: [10.1016/j.bone.2016.12.016](https://doi.org/10.1016/j.bone.2016.12.016)
- Lee, D.H., Giovannucci, E.L. (2018): Body composition and mortality in the general population: A review of epidemiologic studies. *Experimental Biology and Medicine*, 243: 1275–1285. DOI: [10.1177/1535370218818161](https://doi.org/10.1177/1535370218818161)
- Lewiecki, E.M., Binkley, N. (2017): DXA: 30 years and counting: Introduction to the 30th anniversary issue. *Bone*, 104: 1–3. DOI: [10.1016/j.bone.2016.12.013](https://doi.org/10.1016/j.bone.2016.12.013)
- Lozano-Berges, G., Matute-Llorente, A., Gomez-Bruton, A., Gonzalez-Aguero, A., Vicente-Rodriguez, G., Casajus, J.A. (2019): Accurate prediction equation to assess body fat in Male and female adolescent football players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29: 297–302. DOI: [10.1123/ijsnem.2018-0099](https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0099)
- McLester, C.N., Nickerson, B.S., McLester, J.R. (2020): Reliability and agreement of various Inbody body composition analysers as compared to dual-energy x-ray absorptiometry. *Journal of Clinical Densitometry*, 23: 443–450. DOI: [10.1016/j.jocd.2018.10.008](https://doi.org/10.1016/j.jocd.2018.10.008)
- Nana, A., Slater, G.J., Stewart, A.D., Burke, L.M. (2015): Methodology review: Using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 25: 198–215. DOI: [10.1123/ijsnem.2013-0228](https://doi.org/10.1123/ijsnem.2013-0228)
- Shepherd, J.A., Ng, B.K., Sommer, M.J., Heymsfield, S.B. (2017): Body composition by DXA. *Bone*, 104: 101–105. DOI: [10.1016/j.bone.2017.06.010](https://doi.org/10.1016/j.bone.2017.06.010)
- Slaughter, M.H., Lohman, T.G., Boileau, R.A., Horswill, C.A., Stillman, R.J., Loan, M.D., Bembien, D.A. (1988): Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 60: 709–723. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3224965>
- Ulbricht, L., Neves, EB., Ripka, W.L., Romaneli, E.F.R. (2012): Comparison between body fat measurements obtained by ultrasound and caliper in young adults. *Annual International Conference of the EMBS, 2012*: 1952–1955. DOI: [10.1109/EMBC.2012.6346337](https://doi.org/10.1109/EMBC.2012.6346337)
- Weiner, J.S., Lourie, J.A. (1969): *Human Biology, A Guide to Field Methods*. Blackwell Sci., Oxford.

*Levelezési cím:* Rátz-Sulyok Fanny Zselyke  
*Mailing address:* Embertani Tanszék  
Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Pázmány P. s. 1/c.  
H-1117 Budapest  
Hungary  
[ratz-sulyok.fanny@mksz.hu](mailto:ratz-sulyok.fanny@mksz.hu)