

A CSONTÉLETKOR ÉS MÉRET-, ILLETVE A MORFOLÓGIAI ÉLETKOR KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK VIZSGÁLATA

Utczás Katinka Erzsébet

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Embertani Tanszék, Budapest
Témavezető: Dr. Zsákai Annamária

Utczás K. E.: Examining inter-relationships between bone age, somatic age, and morphological age. Our study investigated the growth patterns, bone structure indicators, and changes in absolute and relative body components used to characterize the bone structure of average Hungarian children aged 7–18 years based on a cross-sectional sample (N: 1678). After exploring the age-related patterns of various lengths, widths, bone diameters, circumferences, and skinfolds, we analysed the relationships of the most commonly used methods for characterizing biological development, examining their correlations with chronological age and with each other.

According to the results of the Second National Growth Study, we found no statistical difference between the body dimensions of children measured almost 20 years ago and children examined in 2013–2014. However, similarly to a trend observed in several countries, a positive secular trend was observed also in our study raising the need for a Third National Growth Study. Among the bone structure indicators, percentile samples constructed from the BUA (broadband ultrasound attenuation) and SOS (speed of ultrasound) indicators determined with the DTU-one ultrasonic osteometer provide (unpublished so far) reference data in children aged 7–18.

By examining the relationship between biological ages and chronological age, we found that after the age of 14 in girls and after the age of 16 in boys, deceleration of developmental processes may influence the accuracy of the assessment of biological maturity. The strong correlations between bone age, morphological age, and somatic age allowed us to develop a regression model based only on body measures to estimate bone age. However, it must be noted that the applicability of methods based on growth and maturation is population specific and needs periodic modification.

The analysis of age-related patterns in body measurements and the relationships of biological ages characterizing biological development enabled us to develop bone age estimation equations based solely on anthropometric body dimensions, which can be quickly and reliably applied in screening tests in schools and paediatric clinics.

Keywords: Biological ages; Bone age; Morphological age; Children; Body development.

Bevezetés

A gyermekek fejlődésének vizsgálatokor pontosabb képet kaphatunk, ha nem csak a kronológiai kor, hanem a biológiai életkorok tükrében is értékeljük a testdimenziókat, a testszerkezeti mutatókat, valamint a testösszetevőket. A biológiai életkorok meghatározására ma már számos módszer közül választhatunk (pl. Greulich és Pyle 1959, Mészáros és Mohácsi 1983, Tanner és mtsai 1983). Napjainkban a leggyakrabban alkalmazott módszerek közé tartozik a csontéletkorbecslés, amelynek meghatározására korábban csak radiológiai úton volt lehetőség (Greulich és Pyle 1959, Tanner és mtsai 1983). Napjainkban azonban egyre gyakrabban találkozhatunk a szűrő-, vagy epidemiológiai vizsgálatok során olyan módszerekkel, amelyek nem jelentenek potenciális veszélyforrást az emberi szervezetre.

A gyermekek testi fejlettségének vizsgálata során lehetőségünk nyílik arra, hogy az átlagostól eltérő növekedési és/vagy érési mintát követő gyermekeket minél biztosabban felismerhessük (Bodzsár 2006). Amennyiben ugyanis egy gyermek testi fejlődése a környezeti tényezők miatt zavart szenved, a kronológiai életkora és a biológiai életkora között jelentős eltérések alakulhatnak ki (Bodzsár és mtsai 2013, Vitályos 2014). A biológiai fejlődés üteme kihat a gyermek fizikai, mentális, kognitív és/vagy szociális fejlődésére – ezáltal befolyásolva a gyermek iskolai eredményeit, valamint sportteljesítményét – így, különösen fontos, hogy megismerjük a biológiai életkorok kapcsolatrendszerét (Pápai 1992, Albaladejo-Saura és mtsai 2021, Kovács és mtsai 2022).

Míg korábban főként az endokrinológus szakemberek vizsgálták a gyermekek biológiai fejlettséget, elsősorban a rendellenes fejlődés diagnosztizálás céljából, mára már egyre szélesebb körben alkalmazzák a biológiai életkorok becsléseit mások is. Így elengedhetetlen egy gyorsan, könnyen alkalmazható, akár szülők, iskolaorvosok/védnők, sportszakemberek számára is elérhető biológiai életkor becslésére alkalmas módszer, amely nagyban megkönnyítené a testi fejlődésükben az átlagostól eltérő ütemben fejlődő gyermekek szűrését.

Vizsgálati célkitűzések

Vizsgálatunkkal célunk volt:

- (1) a vizsgált testméretek, az abszolút és a relatív testösszetevő komponensek és a csontszerkezeti mutatók életkori mintázatának jellemzése 7 és 18 éves fiúk és leányok körében;
- (2) a csontszerkezeti mutatók, illetve a hazai növekedési referencia- sorozatok (Bodzsár és Zsákai 2012) között nem szereplő testméretek nemenkénti és életkoronkénti átlagértékeinek meghatározása;
- (3) a vizsgált 7-18 éves gyermekek testfejlettségének jellemzése a Második Országos Növekedésvizsgálat referencia-sorozatainak (Bodzsár és Zsákai 2012) tükrében;
- (4) a vizsgált biológiai életkorok kronológiai kor szerinti mintázatának jellemzése;
- (5) a Tanner–Whitehouse-féle 2 (TW2) és modifikált 3 (TW3) módszerekkel becsült csontéletekorok kapcsolatának elemzése;
- (6) az eddig még nem modifikált Greulich–Pyle-féle (GP) és a TW3 módszerekkel becsült csontéletekorok kapcsolatának vizsgálata;
- (7) a röntgenfelvételen alapuló GP módszerrel becsült és az ultrahangos technikával (amelyet szintén a GP módszer alapján validáltak a kidolgozói) becsült csontéletekorok kapcsolatának vizsgálata;
- (8) a méretkorok, a morfológiai életkor és az ultrahangos technikával becsült csontéletekorok közötti kapcsolatrendszer jellemzése;
- (9) új, csak antropometriai dimenziókra épülő csontkorbecslő regressziós egyenletek kidolgozása.

Vizsgált személyek és alkalmazott módszerek

2012–2014 között összesen 1678 7–18 éves leány és fiú vett részt a vizsgálatunkban. Az életkori korcsoportok kialakításánál, valamint a testméretek felvételénél a Nemzetközi Biológiai Program ajánlása szerint jártunk el. A bal sarokcsont szerkezetének vizsgálatát kvantitatív, DTU-one típusú ultrahangos oszteométer segítségével végeztük és két csontszerkezeti paraméter – a SOS (ultrahang terjedési sebessége, m/s), valamint a BUA

(ultrahang frekvenciától függő csillapodása, dB/MHz) – értékeit határoztuk meg, amelyek a csont minőségét jellemzik.

Egy 47 fős véletlenszerűen kiválasztott al minta esetében a bal kéz- és csuklótájékról készült standard röntgenfelvétel alapján radiológiai módszerekkel is meghatároztuk a gyermekek csontkorát (Greulich és Pyle 1959, Tanner és mtsai 1983, 2001). A röntgenfelvételek elemzését a kronológiai kor ismerete nélkül egymástól függetlenül dr. Noel Cameron (a University of Loughborough professzora), dr. Muzsnai Ágota (gyermekendokrinológus, Észak-budai Szent János Centrumkórház), valamint a jelölt, Utczás Katinka végezték. Minden részt vevő gyermeknél elvégeztük az ultrahangalapú csontkor (UGP) meghatározást Sunlight BonAge típusú készülékkel, amely az ultrahang áthaladási sebességét és a csukló szélességét veszi figyelembe.

A gyermekek morfológiai életkorát a Mészáros–Mohácsi-féle módszerrel (Mészáros és Mohácsi 1983), PHV-korát a Mirwald-féle módszerrel (Mirwald és mtsai 2002) becsültük. A leányok esetében az első menstruáció időpontjára vonatkozóan retrospektív módon gyűjtöttünk adatokat. A méretkorokat a Második Országos Növekedésvizsgálat adatai alapján szerkesztett nemenkénti korcsoportos referencia-sorozatok segítségével határoztuk meg.

A testösszetevők közül a Drinkwater–Ross-féle módszerrel a csonttömeget (Drinkwater és Ross 1980), míg a bioelektromos impedancia analízissel (InBody 720) a csontásványianyag- tartalmat határoztuk meg. Az abszolút értékeken kívül vizsgáltuk a testtömegre (%), valamint a testmagasság négyeztére (kg/m²) vonatkoztatott relatív értékeket.

A csontszerkezeti mutatók nemenkénti centilismintázatait az lmsChartMaker Pro 2.3 program segítségével határoztuk meg. A normál eloszlású változók esetében egy- és kétmintás t-próbát, illetve varianciaanalízist (ANOVA), a nem normál eloszlású változók esetében a Kolomogorov–Smirnov- és a Kruskal–Wallis-tesztet alkalmaztuk az alcsoportok összehasonlításakor. Hipotéziseinket 5%-os szignifikancia szinten teszteltük. A biológiai életkorok és a kronológiai életkor, valamint a biológiai életkorok egymás közötti kapcsolatrendszerének elemzéséhez Pearson-féle korrelációt végeztünk. A méretkorok csoportjainak meghatározásához hierarchikus klaszterelemzést használtunk. A csont- és kronológiai életkorok kapcsolatának a szakirodalomban fellelhető eredményeivel való összehasonlítását metaanalízissel végeztük. A különböző módszerekkel becsült csontéletkorok kapcsolatát Bland–Altman-analízis segítségével teszteltük. A csak antropometriai testdimenziókra épülő, érettségi státuszt figyelembe vevő csontkorbecslő egyenletek kidolgozásához többszörös lineáris regresszió elemzést végeztünk. A regressziós egyenletekkel becsült csontéletkor, valamint az UGP életkorok közötti kapcsolatot páros t-próbával vizsgáltuk.

Vizsgálati eredmények megvitatása, új tudományos eredmények (ÚT) bemutatása

Az antropometriai vizsgálat során felvételre került testdimenziók, minden esetben az egészséges gyermekekre jellemző növekedési mintát követték a vizsgált életkori intervallumban (Bodzsár és Zsákai 2012). A nemek között megfigyelhető, általánosan jellemző, a növekedés intenzitásában megnyilvánuló különbségek szintén egybevágnak a korábbi vizsgálati eredményekkel, amelyeket az egészséges gyermekek testi fejlettségének állapotfelmérésekor tapasztaltak (Bodzsár és Zsákai 2012). Ennek megfelelően 11–12 éves korban a leányok átmenetileg szignifikánsan nagyobb testméretekkkel rendelkeznek, mint a fiúk. Az intenzív növekedési időszakot követően a leányoknál 14 éves, a fiúknál 16 éves

kortól már csak kisebb különbségek voltak megfigyelhetők az egymást követő korcsoportok testméreteiben. Új tudományos eredmény (ÚT1) annak megállapítása, hogy a testméretek életkori változásai alapján egy csak antropometriai testdimenziókra épülő csontéletkorbecslő modellt kidolgozásához olyan testméretek vehetők figyelembe, amelyek szigorúan monoton növekedők.

A csontozatot jellemző testösszetevő komponensek közül a csont-ásványianyagtartalom, illetve a csonttömeg abszolút és relatív mennyiségének életkori mintázatát vizsgálva megállapítottuk, hogy ezen összetevők közül mindkét esetben csak az abszolút mennyiségekben volt megfigyelhető, az egymást követő korcsoportok közötti intenzív gyarapodás, amit a test- és ülőmagasság változásában tapasztaltunk serdülőkorban. Új tudományos eredményként (ÚT2) mutattuk be a magyarországi gyermekek bioelektromos impedancia analízissel (InBody 720) becsült csont-ásványianyagtartalom abszolút és relatív értékeire vonatkozó nemenkénti és korcsoportonkénti referencia-sorozatokat.

A fejlődésben lévő gyermekek csontszerkezetének értékelése nagy kihívást jelent, mivel több dinamikusan változó tényező befolyásolhatja a szerkezeti mutatók értékeit (Boyce és Gafni 2011). A DTU-one ultrahangos oszteométer által meghatározott két csontszerkezeti mutató, a BUA és a SOS centilis-mintázatának meghatározására (ÚT3) azért volt különösen nagy szükség, mert a csontszerkezeti vizsgálatokhoz szükséges oszteométer számos kórházban, rendelőintézetben is rendelkezésre áll, viszont a műszerek standardjai nem magyar mintára és nem gyermekekre lettek kidolgozva. Az általunk kidolgozott centilis-mintázatok a 7 és 18 év közötti magyar gyermekek esetében pontosabb állapotfelmérést tesz mostantól lehetővé.

A csontéletkor és a kronológiai életkor kapcsolatát több szemszögből is megvizsgáltuk. A TW2 almodszerei közül a kronológiai életkorral a legszorosabb kapcsolatot a 20 csontot figyelembe vevő csontéletkor meghatározással kaptuk (mindkét nem esetében $R^2=0,890$), a leggyengébb kapcsolat a csak a kéztőcsontok fejlettségi vizsgálatán alapuló volt. Ennek oka, hogy a kéztőcsontok fejlődése általában a leányoknál 13 éves, míg a fiúknál 15 éves korban befejeződik, amelyet megerősítenek Maggio és munkatársainak (2016) eredményei is. Az ultrahangos készülékkel becsült csontéletkor és kronológiai életkor közötti kapcsolat elemzésekor a leányoknál 15 éves korig, a fiúknál 16 éves korig szoros összefüggést tapasztaltunk. (ÚT4) Bár a Sunlight BonAge ultrahangos készülék 5 és 18 éves kor között alkalmazható a gyártó szerint, a csontéletkor és a kronológiai életkor kapcsolatának eredménye ezt nem támasztja alá. A készülék alkalmazhatóságának felső életkori határát a leányoknál 15 évnél, a fiúknál 16 évnél határoztuk meg (Utczás és mtsai 2017).

Az ultrahangos csontéletkor meghatározás a 2000-es évek elejétől terjedt el, azonban eddig még nem vizsgálták ezen működési elv alapján becsült csontéletkor és a kronológiai életkor közötti kapcsolatot. (ÚT5) Az átfogó elemzés alapján megállapítottuk, hogy mind a radiológiai módszerrel, mind az ultrahang alapú készülékkel becsült csontéletkor és kronológiai életkor közötti különbségek megfelelnek a nemzetközi gyakorlatban elfogadott követelményeknek.

A TW2 és ennek modifikált változata (TW3) alapján becsült csontéletkorok összehasonlításakor, azt tapasztaltuk, hogy az igen szoros lineáris kapcsolat mellett a TW2 módszerrel becsült csontéletkorok átlagosan 0,62 évvel meghaladják a TW3 módszerrel becsült értékeket. A nemeket figyelembe vevő elemzéseknél azt tapasztaltuk, hogy fiúknál közel 0,5 éves, míg leányoknál 0,8 éves különbség volt a két módszer között. Ezek alapján a Tanner–Whitehouse-féle módszerek közül a csontéletkor meghatározásakor a modifikált TW3 módszer az ajánlott, mivel a csontvázrendszer fejlődésében bekövetkező generációs változásokat jobban követi (Malina és mtsai 2018).

A korábbi eredmények ismeretében megvizsgáltuk a két különböző radiológiai módszerrel (TW3 és GP) becsült csontéletkorok közötti különbséget. Mind az erős korreláció ($r=0,970$; $p<0,001$), mind a csekély (0,07 év) átlagos különbség arról árulkodik, hogy nincs különbség a két módszer között. Azonban fiúknál az intenzív növekedési lökés időszakában jelentősen megnőtt a különbség a két módszerrel becsült csontéletkor között. (ÚT6) A csontéletkor meghatározását megelőzően érdemes meghatározni a gyermekek PHV-korát, valamint a csontéletkor becslő egyenletek kidolgozásakor figyelembe kell venni ezt a tényezőt.

A GP módszerrel, valamint az ultrahangos készülékkel becsült csontéletkorok kapcsolatának elemzésekor pozitív korreláció ($r=0,930$; $p<0,001$) és mindössze átlagosan 0,03 év különbség volt megfigyelhető a két módszerrel becsült csontéletkor értékei között. (ÚT7) Mindezek alapján az ultrahangos csontéletkor-becslés egy alkalmas helyettesítője lehet a radiológiai csontéletkor meghatározásnak szűrővizsgálatok során, fejlettségi státusz felmérésére végzett biológiai korbecsléskor. A nemi sajátosságokat megvizsgálva különbségeket találtunk a fiúk és a lányok között a GP módszerrel becsült és az ultrahangos módszerrel becsült csontéletkorok különbségeinek mintázatában. A lányoknál 15 éves kortól kezdve az ultrahangos eszközzel becsült csontéletkor-értékek elmaradtak a GP módszerrel becsült csontéletkoroktól. A fiúknál, a 8,5 évnél fiatalabbaknál, az ultrahangos csontéletkorok jelentősen meghaladták a GP módszerrel becsült értékeket. (ÚT8) Magyarországi gyermekek esetében az ultrahangos technikára épülő módszerrel becsült csontéletkor megfelelő pontossággal használható a kijelölt kronológiai korintervallumban: a lányoknál 7 és 15 éves, a fiúknál 8,5 és 16 éves kor között.

A különböző biológiai korok közötti kapcsolatrendszer elemzése során megállapítottuk, hogy a nemek között különbségek vannak a korrelációk erősségét illetően. A fiúknál minden vizsgált kapcsolat erősebb volt, mint a lányoknál. Ezen kívül a morfológiai kor, a csontéletkor (UGP), valamint a méretkorok közül a testtömeg, a testmagasság, az ülőmagasság, a kézszélesség, a mellkaskerület, az alkarkerület, a kézkerület és az alszármkerület alapján becsült méretkorok esetében tapasztaltuk a legtöbb és a legerősebb kapcsolatot a többi biológiai korral. A testméretek életkori mintázatának, valamint a biológiai fejlettséget jellemző biológiai életkorok kapcsolatrendszerének elemzése lehetővé tette, hogy kidolgozzunk olyan, csak antropometriai testdimenziókra épülő csontkorbecslő egyenleteket, amelyek könnyen, megfelelő megbízhatósággal alkalmazhatók szűrővizsgálatok során az iskolákban és a gyermekorvosi rendelőkben. A testméreteken kívül két érési paramétert vontunk be: mindkét nem esetében az intenzív növekedési időszak alapján kialakított alcsoportokat, valamint a lányok esetében a menarche alapján kialakított alcsoportokat.

(ÚT9) A vizsgálat során kialakított, csontéletkor becslésére alkalmas egyenletek közül nemenként a két-két legfontosabb egyenlet:

a) 7 és 18 év közötti fiúk ($R^2=0,858$; $p<0,001$)

csontéletkor (év) = $-13,574 + 0,236 \times \text{ÜM} + 0,063 \times \text{LSZ} + 0,085 \times \text{ALK} + 0,076 \times \text{CSK}$,
ahol ÜM: ülőmagasság (cm); LSZ: lábszélesség (mm); ALK: alkarkerület (cm); CSK: csuklókerület (cm).

b) 7 és 16 év közötti fiúk figyelembevételével a PHV-kort ($R^2=0,806$; $p<0,001$)

csontéletkor (év) = $-6,665 + 1,510 \times \text{GPHV} + 0,057 \times \text{SSZ} + 0,436 \times \text{CSUK} + 0,217 \times \text{VSZ}$,
ahol GPHV értéke -1, ha kronológiai kor-PHV-kor < -1, 0, ha $-1 \leq \text{kronológiai kor-PHV-kor} \leq 1$ és +1, ha $\text{kronológiai kor-PHV-kor} > 1$; SSZ: sarokszélesség (mm); CSUK: csuklókerület (cm); VSZ: vállszélesség (cm).

- c) 7 és 18 év közötti lányok ($R^2=0,808$; $p<0,001$)
csontéletkor (év) = $-14,714 - 0,010 \times \text{LSZ} + 0,143 \times \text{CSUSZ} + 0,125 \times \text{TM} + 0,096 \times \text{ALK}$,
ahol LSZ: lábszélesség (mm); CSUSZ: csuklószelesség (mm); TM: testmagasság (cm);
ALK: alkarkerület (cm).
- d) 7 és 14 év közötti leányok figyelembevéve a menarchét ($R^2=0,811$; $p<0,001$)
csontéletkor (év) = $-12,963 + 0,125 \times \text{CSUSZ} + 0,206 \times \text{KK} + 0,391 \times \text{menarche} - 0,019 \times \text{KSZ} + 0,109 \times \text{TM}$,
ahol CSUSZ: csuklószelesség (mm); KK: kézkerület (cm); a menarche értéke
-1, ha premenarche, az értéke +1, ha posztmenarche státuszú; KSZ: könyökszélesség (mm);
TM: testmagasság (cm).

Felhasznált irodalom

- Albaladejo-Saura, M., Vaquero-Cristóbal, R., Esparza-Ros, F. (2021): Relationship between biological maturation, physical fitness, and kinanthropometric variables of young athletes. *International Journal of Environmental Research*, 18(1): 328. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18010328>
- Bodzsár, É. (2006): *Humánbiológia. Fejlődés: növekedés, érés*. Egyetemi Tankönyv. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Bodzsár, É., Zsákai, A. (2012): *Magyar gyermekek és serdülők testfejlettségi állapota. Országos Növekedésvizsgálat 2003–2006*. Plantin Kiadó, Budapest.
- Bodzsár, É., Zsákai, A., Utczás, K., Tausz, K. (2013): Hátrányos helyzetű kistérségek gyermekei nemi érésének mintázata. *Anthropológiai Közlemények*, 54: 3–13.
- Boyce, A.M., Gafni, R.I. (2011): Approach to the child with fractures. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(7): 1943–1952. DOI: <https://doi.org/10.1210/jc.2010-2546>
- Drinkwater, D.T., Ross, W.D. (1980): Anthropometric fractionation of body mass. In: Ostyn, M., Beunen, G., Simons, J. (Eds) *Kinanthropometry II*. pp. 179–189. University Press, Baltimore.
- Greulich, W.W., Pyle, S.I. (1959): *Radiographic atlas of skeletal development of hand and wrist*. Stanford University Press, Stanford.
- Kovács, I., Kovács, K., Gerván, P., Utczás, K., Oláh, G., Tróznai, Z., Berencsi, A., Szakály, H., Gombos, F. (2022): Ultrasonic bone age fractionates cognitive abilities in adolescence. *Scientific Reports*, 12(1): 5311. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09329-z>
- Maggio, A., Flavel, A., Hart, R., Franklin, D. (2016): Skeletal age estimation in a contemporary Western Australian population using the Tanner–Whitehouse method. *Forensic Science International*, 263: e1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.03.042>
- Malina, R.M., Coelho-e-Silva, M.J., Figueiredo, A.J., Philippaerts, R.M., Hirose, N., Pena Reyes, M.E., Gilli, G., Benso, A., Vaeyenes, R., Deprez, D., Gugliemlo, L.F. Buranarugsa, R. (2018): Tanner–Whitehouse skeletal ages in male youth soccer players: TW2 or TW3?. *Sports Medicine*, 48: 991–1008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0799-7>
- Mészáros, J., Mohácsi, J. (1983): *A biológiai fejlettség meghatározása és a felnőtt termet előrejelzése a városi fiatalok fejlődésmenete alapján*. Kandidátusi disszertáció. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- Mirwald, R.L., Baxter-Jones, A.D., Bailey, D.A., Beunen, G.P. (2002): An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4): 689–694. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
- Pápai, J., Szmodis, I., Bodzsár, É.B. (1992): Growth, maturation and performance. *Anthropológiai Közlemények*, 34: 75–82.
- Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., Cameron, N., Marshall, W.A., Healy, M.J.R., Goldstein, H. (1983): *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method)*. 2nd edition. Academic Press, London.
- Tanner, J.M., Healy, M., Goldstein, H., Cameron, N. (2001): *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method)*. 3rd edition. WB Saunders, Harcourt Publishers Ltd, London.

- Utczás, K., Muzsnai, Á., Cameron, N., Zsákai, A., Bodzsár, É. (2017): A comparison of skeletal maturity assessed by radiological and ultrasonic methods. *American Journal of Human Biology*, 29(4): e22966. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajhb.22966>
- Vitályos, G.Á. (2014): A testforma és a fizikai aktivitás. A magyar gyermekek testformájának, testi fejlődésének alakulása a szabadidő eltöltésének függvényében. *Anthropológiai Közlemények*, 55: 71–78.

A doktori értekezés témájában megjelent tanulmányok

- Kovács, I., Kovács, K., Gerván, P., Utczás, K., Oláh, Gy., Tróznai, Zs., Berencsi, A., Szakács, H., Gombos, F. (2022): Ultrasonic bone age fractionates cognitive abilities in adolescence. *Scientific Reports*, 12(1): 5311. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09329-z>
- Utczás, K., Tróznai, Zs., Pálkás, G., Kalabiska, I., Petridis, L. (2020): How length sizes affect body composition estimation in adolescent athletes using bioelectrical impedance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(3): 577–584.
- Utczás, K., Tróznai, Zs., Pálkás, G., Kalabiska, I., Petridis, L. (2019): Kettős röntgensugár abszorpciók eljárásán és bioelektromos impedancián alapuló testösszetétel-becslő módszerek összehasonlító elemzése fiatal sportolók körében. *Testnevelés, Sport, Tudomány*, 4(1–2): 23–31.
- Utczás, K., Muzsnai, Á., Cameron, N., Zsákai, A., Bodzsár, É. B. (2017): A comparison of skeletal maturity assessed by radiological and ultrasonic methods. *American Journal of Human Biology*, 29(4): e22966. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajhb.22966>
- Utczás, K., Zsákai, A., Muzsnai, Á., Fehér, V.P., Bodzsár, É. (2015): Radiológiai és ultrahangos módszerrel végzett csontéletkor-becslések összehasonlító elemzése 7–17 éveseknél. *Anthropológiai Közlemények*, 56: 129–138.
- Bodzsár, É., Zsákai, A., Utczás, K., Tausz, K. (2013): Hátrányos helyzetű kistérségek gyermekei nemi érésének mintázata. *Anthropológiai Közlemények*, 54: 3–11.

Nem a doktori értekezés témájában megjelent tanulmányok

- Pálkás, G., Béres, B., Utczás, K., Tróznai, Zs., Petridis, P. (2024): Large inter-individual variability in force-velocity profile changes in response to acute high-load resistance training. *Physiology International*, 111(2): 186–198. DOI: <https://doi.org/10.1556/2060.2024.00370>
- Utczás, K., Pálkás, G., Dányi, P., Tróznai, Zs., Petridis, L. (2023): 6 hetes kezdő CrossFit program hatása a testösszetételre, a függőleges felugrásra és a szorítóerőre szabadidő sportoló személyek körében. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 24(3): 29–37.
- Gerván, P., Bunford, N., Utczás, K., Tróznai, Zs., Oláh, Gy., Szakács, H., Gombos, F., Kovács, I. (2022): Maturation-dependent vulnerability of emotion regulation as a response to COVID-19 related stress in adolescents. *Journal of Paediatric Nursing*, 67: 132–138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2022.08.017>
- Berencsi, A., Gombos, F., Gerván, P., Tróznai, Zs., Utczás, K., Oláh, Gy., Kovács, I. (2022): Musical training improves fine motor function in adolescents. *Trends in Neuroscience and Education*, 27: 100176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2022.100176>
- Pálkás, G., Béres, B., Tróznai, Zs., Utczás, K., Petridis, L. (2021): The relationship of maximal strength with the Force-velocity profile in resistance trained women. *Acta Polytechnica Hungarica*, 18(5): 173–185.
- Tróznai, Zs., Utczás, K., Pápai, J., Négele, Z., Juhász, I., Szabó, T., Petridis, L. (2021): Talent selection based on sport-specific tasks in affected by the relative age effects among adolescent handball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21): 11418. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182111418>
- Petridis, L., Pálkás, G., Tróznai, Zs., Béres, B., Utczás, K. (2020): Determining strength training needs using the force-velocity profile in elite female handball and volleyball players. *International Journal of Sport Science & Coaching*, 16(1): 123–130. DOI: <https://doi.org/10.1177/1747954120964043>

- Petridis, L., Utczás, K., Tróznai, Zs., Kalabiska, I., Pálinkás, G., Szabó, T. (2019): Vertical jump performance in Hungarian male elite junior soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 90(2): 251–257. DOI: <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1588934>
- Bodzsár, É., Zsákai, A., Utczas, K., Mascie-Taylor, N. (2016): The biological status of children living in disadvantaged regions of Hungary. *Journal of Biosocial Science*, 48(3): 306–321. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021932015000097>
- Zsákai, A., Karkus, Zs., Utczás, K., Biri, B., Sievert, L., Bodzsár, É. (2016): Body fatness and endogenous sex hormones in menopausal transition. *Maturitas*, 87: 18–26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2016.02.006>
- Zsákai, A., Karkus, Zs., Utczás, K., Bodzsár, É. (2015): Body Structure and Physical Self- Concept in Early Adolescence. *Journal of Early Adolescence*, 37(3): 316–338. DOI: <https://doi.org/10.1177/0272431615602757>
- Zsákai, A., Biri, B., Utczás, K., Fehér, V.P., Bodzsár, É. (2015): A női nemi hormonok koncentrációja és a testzsírosság változókorú nőknél. *Anthropologiai Közlemények*, 56: 139–151.
- Zsákai, A., Utczás, K., Bodzsár, É.B. (2013): Változókorú nők testösszetételének jellemzői. *Anthropologiai Közlemények*, 54: 25–33.
- Lichthammer, A., Zsákai, A., Utczás, K., Bodzsár, B.É. (2010): 3-18 évesek energia- és tápanyagfogyasztása és a táplálkozás mennyiségi összetételének hatása a testösszetételre. *Anthropologiai Közlemények*, 51: 49–58.

Levelezési cím: Utczás Katinka Erzsébet
Mailing address: Sportélettani Kutató Központ
 Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem
 1123 Budapest
 Alkotás utca 42-48.
 Hungary
utczas.katinka@tf.hu