

VÁLOGATOTT KÉZILABDÁZÓ JÁTKOSOK ENDOKRIN STÁTUSZÁNAK VIZSGÁLATA

Rácz-Sulyok Fanny Zselyke^{1,2,3}, Jang-Kapuy Csilla^{1,2,3}, Bakonyi Péter¹, Béres Bettina¹, Dobronyi Tamás¹, Simon Gergő¹, Zsákai Annamária^{1,2} és Szabó Tamás¹

¹Magyar Kézilabda Szövetség, Sporttudományi és Diagnosztikai Igazgatóság, Budapest; ²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Embertani Tanszék, Budapest; ³Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológia Doktori Iskola, Budapest

Rácz-Sulyok F. Zs., Jang-Kapuy Cs., Bakonyi P., Béres B., Dobronyi T., Simon G., Zsákai A., Szabó T.: *The analysis of the endocrine state of national-level handball players. The changes of endocrine state of elite athletes have been mostly researched in regards of effects of strenuous training, the stress of competition, the risk of overtraining and the difference between sports. However, the baseline hormonal profile of athletes was not followed along from a young age to their adult careers. Since the selection into professional athletic institutions starts years before reaching adulthood, training influences both somatic and psychological developmental processes. A relatively novel non-invasive tool to easily follow young elite athletes' progression on an endocrine level is the analysis of salivary biomarkers.*

We set our research goal to mapping out the endocrine profile of elite athletes and compare their results to the available recommended salivary ELISA non-athlete references. In the Sport Sciences and Diagnostic Research Centre of the Hungarian Handball Federation (between 2023–2025), we analysed 507 elite handball player's (aged 13–35 ys) salivary cortisol, testosterone, and in case of female players, 17- β -oestradiol levels.

The results of salivary resting hormone concentrations showed that adult male handball players had a high relative frequency of high testosterone levels, while female players had high prevalence of low oestradiol levels compared to non-athlete references. The cortisol concentrations showed different patterns in subadult and adult athletes, an increased level of cortisol in adult handball players was found. The detected salivary concentration in athletes and the analysis of age dependent patterns necessitates the creation of athlete-specific references and the extension of the non-athlete references into the younger, subadult age ranges.

Keywords: Salivary biomarkers; Resting hormone levels; Testosterone; Oestradiol; Cortisol; Elite athletes; Handball players.

Bevezetés

Az optimális növekedési és érési folyamatokhoz az életkori sajátosságoknak megfelelő mennyiségű és minőségű terhelésre van szükség gyermek- és fiatalkorban – például olyan rendszeres fizikai terhelésre (futásra, ugrásra, mászásra, labdajátékokra), amely fejleszti az izomzatot, a csontozatot, az idegrendszert. A fejlődő szervezetet érő terhelés túlzott mértéke, a túlterhelés veszélye fokozott bizonyos kockázati csoportokban, például átlagostól nagyobb fizikai terhelésnek kitett, fiatal élsportolók körében (Allen 1999, Nazem és Ackerman 2012, Cheng és mtsai 2020). Élsportolóknál, elsősorban fiatal nők körében figyeltek fel arra, hogy a megerőltető edzések sorozata és a nem elegendő hosszúságú pihenőidő következtében több szervrendszerre is kiterjedő betegségek,

működési zavarok jelentek meg (többek között a menstruációs ciklus zavarai alakultak ki, csontsűrűségük elmaradt a korcsoportjukra jellemző normál értéktől, illetve megnőtt a fertőzőes betegségek száma; Walsh 2018, Skarakis és mtsai 2021). A kialakult reprodukciós, mozgásszervi és immunrendszeri problémák nem csak a sportteljesítményük stagnálásához vagy visszaeséséhez vezetett, de hosszabb távú egészséget és életminőséget befolyásoló betegségek kockázatát is növelte.

Mindezt magyarázhatja többek között a neuroendokrin rendszer hálózatos működése, miszerint a rendszer részei jelentősen befolyásolhatják egymás működését. Különösen igaz ez tartós stresszes állapot esetében – például a hipotalamusz-hipofízis-mellékvese és a hipotalamusz-hipofízis-gonád tengelyek kölcsönösen hatnak egymásra. Ennek következtében mind a fejlődő, mind pedig a kifejlett szervezetet érő, hosszan tartó, fizikai és mentális terhelés, stressz hatással van a szervezet felépítő-átépítő-lebontó folyamataira, az öfenntartó és reprodukciós rendszerek működésére is (Allen 1999, Misra 2014).

A túlterhelt sportolók tünetegyüttesének (tüledzetségi szindróma – overtraining syndrome: tartós fáradtság, hangulatingadozások, fizikai teljesítmény csökkenése) egyik fő kiváltó okaként a relatív energiadeficitet (relative energy deficiency in sport, RED-S) határozták meg, amely a sportolással járó többletenergia-igény elégtelen pótlásából és/vagy a túlzott mennyiségű edzésből adódik (Dipla és mtsai 2021). A nem megfelelő mértékű energiabevitel az egész szervezet működését akadályozza azzal, hogy a neuroendokrin rendszeren keresztül a túlterheltség mértékének fokozódásával egyre több szervrendszer érintettségét okozza.

A relatív energiadeficitet kísérő tünetek megjelenése már a rendellenes folyamatok krónikus fennállását feltételezi, így érdemes már a tüneteket megelőzve szűrővizsgálaton feltárni az energiadeficit kialakulásának kockázatát. A szűrésre alkalmas biomarkerek közé sorolható a reprodukciós szervrendszerek működését meghatározó (tesztoszteron, ösztadiol), illetve anabolikus folyamatokat serkentő (tesztoszteron), valamint sérüléseket megelőző csontozati és izomrendszeri tulajdonságokat biztosító (ösztadiol) hormonok szintjének vizsgálata (Zsakai és mtsai 2015, Chidi-Ogbolu és Baar 2019, Alexander és mtsai 2022, Rátz-Sulyok és mtsai 2024). A stresszes állapotot jellemző, egyben az immun- és katabolikus folyamatok hatását befolyásoló kortizol koncentrációjának megállapítása is prediktív szerepet tölthet be a relatív energiadeficit szűrővizsgálatokor (Todd és mtsai 2022).

A sportolók szűrővizsgálatainak leggyakrabban a hormonok vérszérumbeli szintjeit állapítják meg, amely vizsgálatok költségesek, stressznek teszik ki a sportolókat, illetve egészségügyi szakképzettségű személyzetet igényelnek. A vérszérumból mérhető endokrin biomarkerek koncentrációja vizsgálatának helyettesítésére szolgálhat a kevésbé invazív, alacsonyabb biológiai veszéllyel járó, ellenben költséghatékonyabb és könnyen ismételtető nyálminta-analízis a hormonok szintjének vizsgálatára. A korábbi vizsgálatok eredményei alapján elmondható, hogy a vérszérumban mért tesztoszteron, 17- β -ösztadiol, valamint kortizol hormonok koncentrációi szoros korrelációt mutatnak a nyálmintában mérhető értékeikkel (Crewther és mtsai 2010, Cook és mtsai 2018, Collomp és mtsai 2025).

Jelen vizsgálatunkkal célunk volt élsportoló fiatalok endokrin profilját nem-sportolói referenciák tükrében értékelni nyálbéli hormonszintek vizsgálatának segítségével.

Vizsgált személyek és alkalmazott módszerek

Összesen 507 válogatott kézilabdázót (13–35 évesek) vizsgáltunk meg 2023 februárja és 2025 márciusa között a Magyar Kézilabda Szövetség Sporttudományi és Diagnosztikai

Igazgatóságának Humánbiológiai Laboratóriumában. A kézilabdázók endokrin státuszát a vizsgált hormonok nyálbéli szintjének meghatározásával jellemeztük: a résztvevőktől nyugalmi állapotban standard módon gyűjtöttünk nyálmintákat, amelyekből minden esetben kortizol-, illetve tesztoszteron-koncentrációt, a női játékosok esetében pedig 17- β -ösztadiol-koncentrációt is mértünk (1. táblázat).

1. táblázat. A vizsgálatban résztvevő válogatott kézilabdázók megoszlása nem, életkor és elvégzett nyálbéli hormonszint-becslés (kortizol, tesztoszteron és 17- β -ösztadiol) szerint.
Table 1. The distribution of elite handball players by sex, age and completed salivary hormonal level estimations (cortisol, testosterone, 17- β -oestradiol).

Életkor (év) – Age (years)	Tesztoszteron- és kortizol-vizsgálatok – Testosterone and cortisol analyses			17- β -ösztadiol-vizsgálat – 17- β -oestradiol analysis
	Fiúk/férfiak – Boys/men	Leányok/nők – Girls/women	Összesen – Total	Leányok/nők – Girls/women
13	–	6	6	6
14	25	61	86	61
15	72	49	121	49
16	19	39	58	32
17	17	33	50	23
18	24	19	43	19
19	17	29	46	29
20	16	17	33	17
21	14	–	14	–
22+	25	25	50	25
Összesen – Total	229	278	501	255

A játékosoktól gyűjtött nyálmintákban a hormonok koncentrációit enzimhez kötött immunszorbens vizsgálattal (ELISA, gyártó: Tecan Group Ltd., Männedorf, Svájc) állapítottuk meg. Az ELISA kitek az egészséges, nem sportoló népesség kortizol- és tesztoszteron-szintjének normál tartományait a kitek kidolgozásához referenciaként szolgáló csoportok 5–95. centilise közötti, ösztadiol-szintjének normál tartományát pedig a 10–90. centilis közötti tartományban határozták meg. A vizsgált élsportolókat ezen referenciák alapján soroltuk alacsony, normál és magas hormonszintekkel rendelkezők kategóriába – minden esetben csak azokra a korcsoportokra vonatkozóan, amelyek esetében a gyártók által javasolt referencia-tartományok értelmezhetők voltak.

A tesztoszteron koncentrációjának értékeléséhez a kit 20 éves kor felett, nemek és reprodukciós életszakaszok szerint ajánl referencia-tartományokat. A 17- β -ösztadiol-koncentrációjának referencia-értékei 17 éves kortól, nők esetén reprodukciós életszakasz és menstruációs ciklus fázisainak figyelembevételével használhatóak. A kortizol-koncentráció referencia-értékeit nemtől és életkortól függetlenül (6 éves kor felett), ébredéstől eltelt idő alapján határozta meg a gyártó. A vizsgált kézilabdázó játékosok kortizolszintjét a 18 éves kort el nem értek és 18 évüket betöltötték két alcsoportjára bontva

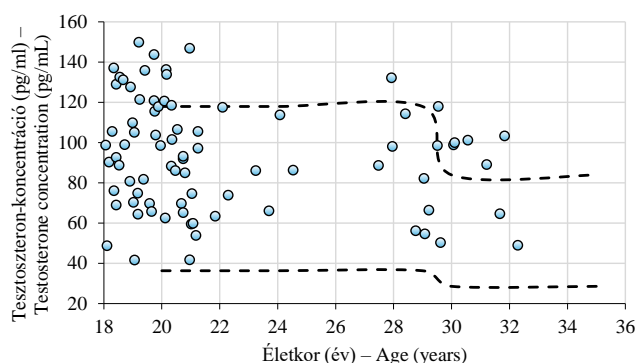
értékeljük, mert az előzetes elemzések jelentős különbségeket tártak fel a két alcsoport kortizolszint szerinti eloszlásában.

A sportolók egészségi állapotára, illetve a női játékosok esetében a menstruációs ciklus jellemzőire vonatkozóan (ciklus hossza, vérzés hossza, utolsó menstruációs ciklus kezdő napja) kérdőíves módszer segítségével gyűjtöttünk adatokat.

Az adatok kezeléséhez és statisztikai elemzéséhez SPSS 23.0 (IBM) programot, az eredmények ábrázolásához Microsoft Excel (Microsoft 365 MSO) programot használtunk. χ^2 -tesztet és Fisher-féle egzakt próbát (kis létszámú alcsoportok esetében) alkalmaztunk az alcsoportok eloszlása homogenitásának vizsgálatára 5%-os szignifikancia szint mellett.

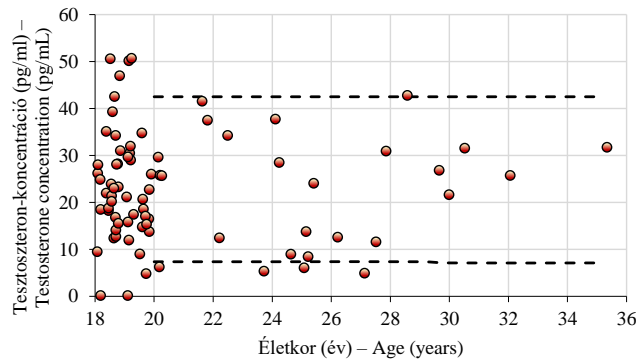
Vizsgálati eredmények és értékelésük

A nyálbéli tesztoszteron-koncentráció nem-sportolói referenciaértékei az ajánlások szerint felnőttek esetében használhatóak, ezért a vizsgált felnőtt kézilabdázók értékeit 18 éves kortól ábrázoltuk az életkorral változó referencia-tartományokkal együtt (1–2. ábra). Az egyedi tesztoszteron-értékeknek a referencia-centilisek menti (1–2. ábra) eloszlásmintázata alapján megállapítható, hogy a férfiak esetében eltér a nem sportolói referenciáktól a vizsgált játékosok tesztoszteron-szintjének eloszlása (χ^2 -teszt, $p < 0,001$), több az átlagostól magasabb és kevesebb az átlagostól kisebb hormonszintű egyén körökben, mint az átlag népességben. A férfi kézilabdázók a tesztoszteron-koncentráció alapján életkortól függően 23–44% relatív gyakorisággal a magas tesztoszteronszintű kategóriába sorolhatók. Bár a női játékosok 5–17%-ának volt életkortól függően magas a tesztoszteronszintje a nem sportolói referencia-tartományokat figyelembe véve (3. ábra), mégis a női játékosok egyedi tesztoszteron-szintjének eloszlása – szemben a férfi játékosokkal – nem tér el szignifikánsan az átlag népességre kidolgozott referencia-sorozat mintázatától (χ^2 -teszt, $p = 0,242$). Összességében elmondható, hogy a vizsgált férfi játékosok körében a magas tesztoszteron-szintűek relatív gyakorisága lényegesen nagyobb volt, mint a vizsgált női kézilabdázók között (3. ábra, χ^2 -teszt, $p < 0,001$).

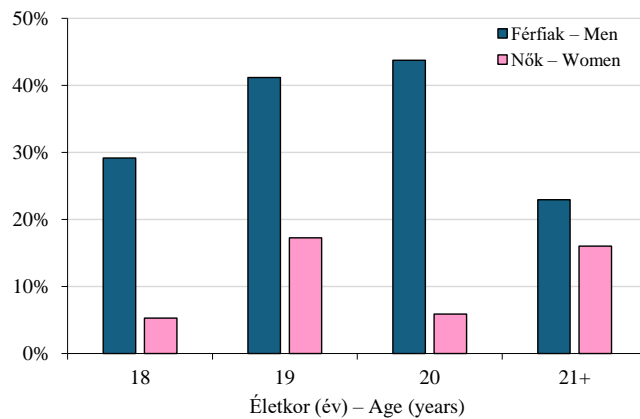


1. ábra: A vizsgált férfi kézilabda játékosok egyéni, nyálbéli, nyugalmi tesztoszteron-koncentrációja (pg/ml) a nem sportolói normál referencia-tartomány tükrében (- - -).

Figure 1: The individual salivary resting testosterone concentrations (pg/mL) of the studied male handball players in the mirror of the non-athlete reference's normal concentration range (- - -).



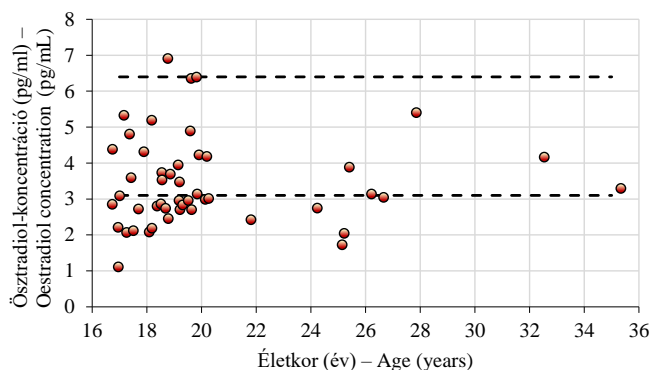
2. ábra: A vizsgált női kézilabda játékosok egyéni, nyálbéli, nyugalmi tesztoszteron-koncentrációja (pg/ml) a nem sportolói normál referencia-tartomány tükrében (- - -).
 Figure 2: The individual salivary resting testosterone concentrations (pg/mL) of the studied female handball players in the mirror of the non-athlete reference's normal concentration range (- - -).



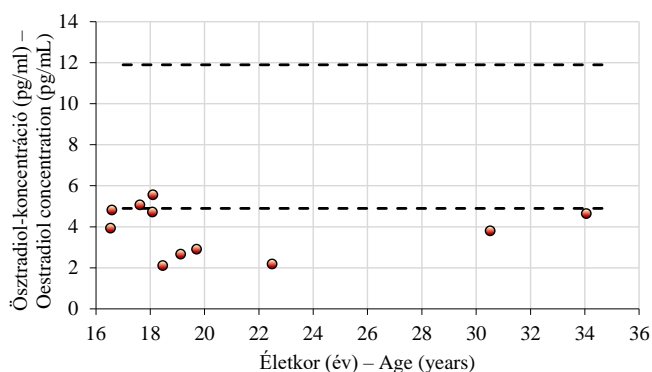
3. ábra: A magas nyálbéli, nyugalmi tesztoszteronszintű kézilabda játékosok relatív gyakorisága (%) életkor és nem szerint.
 Figure 3: The relative frequency (%) of high salivary resting testosterone level in handball players by age and sex.

A női kézilabdázók egyéni 17- β -ösztadiol-koncentrációit 16 éves kortól, a menstruációs ciklus fázisainak megfelelően külön-külön elemeztük az ajánlott referenciák tükrében (4–6. ábra). A női játékosok ösztadiol-szintjeit értékelve elmondható, hogy mindegyik menstruációs fázis esetében igaz volt, hogy (1) jelentősen eltért az átlag népesség eloszlásmintázatától a vizsgált élsportolók egyéni hormonszintjeinek mintázata (mindhárom fázis esetében: χ^2 -teszt, $p < 0,001$), (2) és nagyon nagy volt körükben az átlagostól lényegesen alacsonyabb hormonszinttel rendelkező nők aránya. Korcsoporttól függően 58–89%-ot tettek ki az alacsony ösztadiolszinttel rendelkező nők a vizsgált élsportolói mintában (7. ábra). Átlagostól nagyobb ösztadiolszinttel rendelkező nő viszont összesen egy volt a vizsgált élsportolói mintában.

A vizsgált kézilabdajátékosok (13–35 évesek) nyálbéli kortizol-koncentrációit az ajánlott referenciákkal együtt, az ébredéstől eltelt idő függvényében 18 év alatti és feletti alcsoportokat külön jelölve ábráztuk (8. ábra). Mind a nők, mind pedig a férfiak esetében elmondható, hogy az egyéni, nyugalmi kortizolszintek eloszlásának mintázata a vizsgált élsportolói mintában eltér az átlag népességre jellemző mintázattól (nők: χ^2 -teszt, $p=0,005$, férfiak: χ^2 -teszt, $p=0,017$).



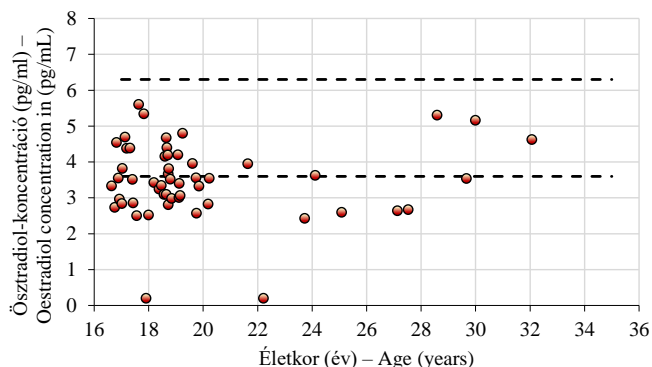
4. ábra: Női kézilabda játékosok egyéni, nyálbéli, nyugalmi ösztradiol-koncentrációja (pg/ml) a menstruációs ciklus follikuláris fázisában, a nem sportolói normál referencia-tartomány tükrében (- - -).
 Figure 4: The individual salivary resting oestradiol concentrations (pg/mL) of the studied female handball players in the follicular phase of the menstrual cycle in the mirror of the non-athlete reference's normal concentration range (- - -).



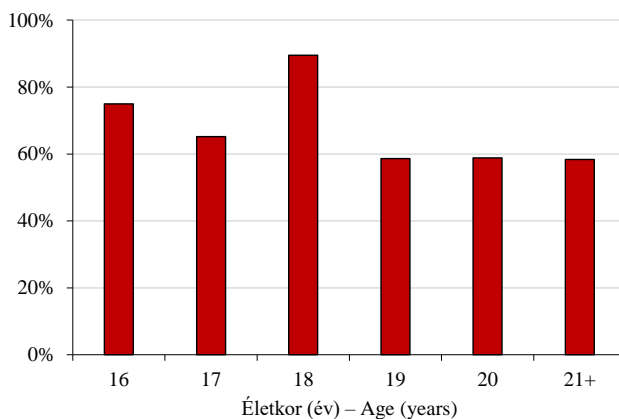
5. ábra: Női kézilabda játékosok egyéni, nyálbéli, nyugalmi ösztradiol-koncentrációja (pg/ml) a menstruációs ciklus ovuláris fázisában, a nem sportolói referencia-tartomány tükrében (- - -).
 Figure 5: The individual salivary resting oestradiol concentrations (pg/mL) of the studied female handball players in the ovulatory phase of the menstrual cycle in the mirror of the non-athlete reference's normal concentration range (- - -).

Az átlagostól alacsonyabb kortizolszintű játékosok relatív gyakorisága a felnőttek körében lényegesen kisebb volt, mint a serdülő játékosok körében (9. ábra), felnőttkorra a játékosok körében az átlag népességre jellemző (~5%) az alacsony kortizolszintűek aránya.

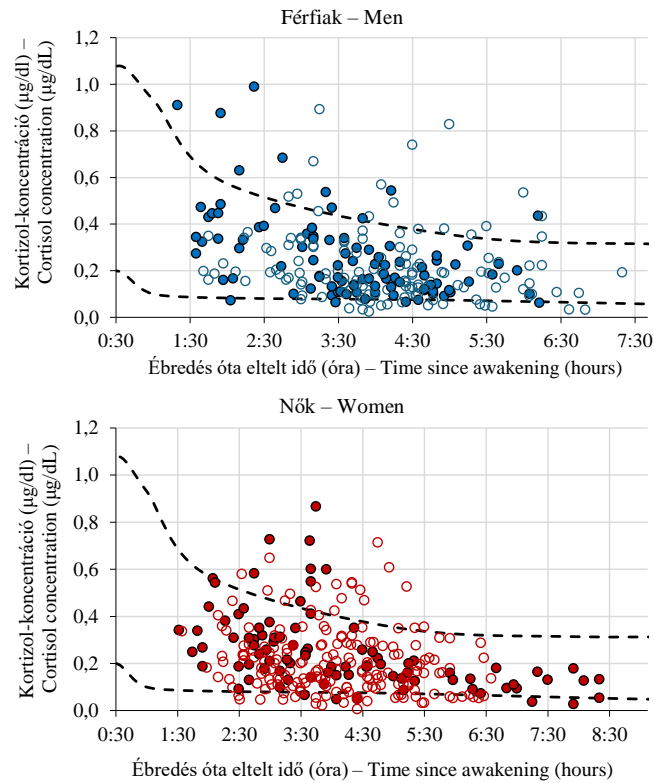
A magas kortizolszintű játékosok relatív gyakorisága esetében kevésbé egyértelmű trend rajzolódott ki korcsoportonként, de a felnőttek körében az elmondható, hogy az átlagostól magasabb hormonszinttel rendelkezők aránya bizonyosan nagyobb (átlagosan 10–12%), mint az átlag népesség esetében (5%, 10. ábra). A serdülők körében a magas kortizolszinttel rendelkezők aránya a fiúk esetében az idősebbek korcsoportjai felé növekszik, a leányoknál csökken, de összességében náluk is nagyobb az arányuk, mint az átlag népességre jellemző 5% (10. ábra).



6. ábra: Női kézilabda játékosok egyéni, nyálbéli, nyugalmi ösztradiol-koncentrációja (pg/ml) a menstruációs ciklus luteális fázisában, a nem sportolói referencia-tartomány tükrében (- - -).
 Figure 6: The individual salivary resting oestradiol concentrations (pg/mL) of the studied female handball players in the luteal phase of the menstrual cycle in the mirror of the non-athlete reference's normal concentration range (- - -).

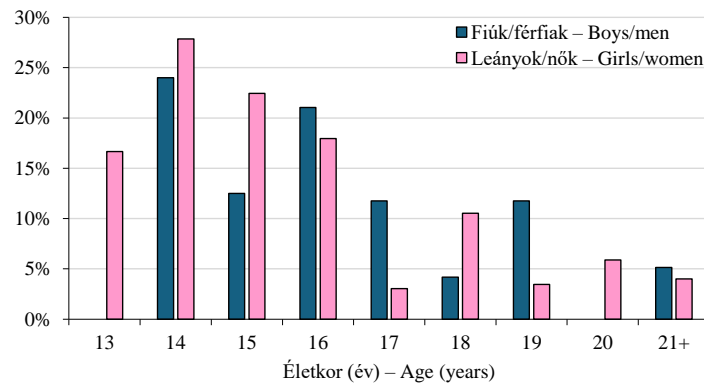


7. ábra: Az alacsony nyálbéli, nyugalmi ösztradiolszinttel rendelkező női kézilabda játékosok relatív gyakorisága (%) életkor szerint.
 Figure 7: The relative frequency (%) of low salivary resting oestradiol level in female handball players by age.



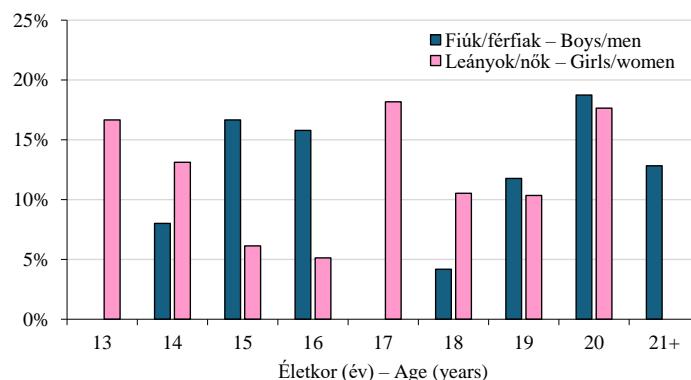
8. ábra: A kézilabda játékosok egyéni, nyálbéli, nyugalmi kortizol-koncentrációja (µg/dl) az ébredéstől eltelt idő függvényében a nem sportolói normál referencia-tartomány tükrében (- - -; ○: 18 évet be nem töltött fiatalok, ●: 18 éves és attól idősebb játékosok).

Figure 8: The individual salivary resting cortisol concentrations (pg/mL) of the studied handball players depending on time elapsed since awakening in the mirror of the non-athlete reference's normal concentration range (- - -; ○: young players under 18 ys, ●: players aged 18 and over 18 ys).



9. ábra: Alacsony nyálbéli, nyugalmi kortizolszinttel rendelkező kézilabda játékosok relatív gyakorisága (%) életkor és nem szerint.

Figure 9: Relative frequency (%) of low salivary resting cortisol level in handball players by age and sex.



10. ábra: Kézilabda játékosok körében a magas nyálbéli kortizolszintűek relatív gyakorisága életkor és nem szerint.

Figure 11: Relative frequency of high salivary cortisol level in handball players by age and sex.

Következtetések

A kézilabdázók nyálbéli, nyugalmi hormonkoncentrációjának értékelése a vizsgálati technikához (enzimhez kötött immunszorbens teszt, ELISA kitek) ajánlott referencia-értékek alapján történt. Az általunk vizsgált hormonok nyálbéli szintjének vizsgálatához forgalmazott ELISA kitek referencia-tartományait eddig csak átlag (nem sportolói) népességre határozták meg, így a sportolók endokrin mutatóiban az átlag népességhez viszonyított különbségeket lehet csak szűrni az ajánlott nem-sportolói referenciák alapján. Vizsgálati eredményeink élsportolók körében korábban végzett vizsgálatok eredményeivel egybehangzóan jelzik, hogy az élsportolók endokrin státusza jelentősen eltér az átlag népességhez tartozó, nem sportoló kortársaik endokrin státuszától (Healy és mtsai 2014, Cadejani és Kater 2017, 2019, Sönksen és mtsai 2018, Genc és mtsai 2019, Ostapiuk-Karolczuk és mtsai 2024).

Vizsgálataink alapján elmondható, hogy

- a felnőtt férfi kézilabdázó játékosok nyugalmi tesztoszteronszintje emelkedett nem sportoló kortársaikhoz képest, korcsoporttól függően 23–44% körökben az átlagostól jelentősen magasabb tesztoszteron-koncentrációjú játékos;
- a fiatal felnőtt, illetve felnőtt kézilabdázó nők nyugalmi ösztrodiolszintje lényegesen alacsonyabb, mint nem sportoló kortársaiknak, korcsoporttól függően 58–89% a vizsgált élsportoló nők között az átlagostól jelentősen alacsonyabb ösztrogén-koncentrációjú játékos;
- a vizsgált felnőtt élsportolók nyugalmi kortizolszintje emelkedett nem sportoló kortársaikhoz képest – a gyermekek és serdülők körében nem lehetett a használt technika segítségével egyértelmű trendet körükben meghatározni, bár a kit nem határoz meg életkori minimumot, eredményeink ennek szükségességét vetették fel.

Mindezen eredmények alapján kijelenthetjük, hogy

1. élsportolók endokrin státuszának vizsgálatához elengedhetetlen, hogy a hormonszintek nem sportolói referenciái mellett a sportolói referencia-sorozatokat is elérhető legyenek, hiszen egy endokrin mutatóiban az átlag népességtől jelentősen eltérő, speciális csoport vizsgálata esetén például az átlag népességre jellemző normál hormonszint jelenthet átlagostól alacsonyabb értéket a sportolói referenciák tükrében. Az élsporttal gyakran együtt járó túlterheltség (fizikailag és pszichésen is megterhelő

versenyidőszak, megerőltető edzőmunka, nem elegendő hosszúságú pihenőidő stb.) szűrővizsgálatait is nagyban segíthetik majd az endokrin státusz mutatóinak sportolói referencia-sorozatai.

2. Fontos, hogy a női játékosok és a velük dolgozó szakemberek (edzők, sportorvosok, sporttudományi szakemberek) tudatában legyenek annak az aggasztó eredménynek, hogy az alacsony ösztadiol-szintűek gyakorisága túlságosan nagy élsportoló kézilabdázó nők körében. A tartósan alacsony ösztadiolszint egészségi állapotot veszélyeztető kockázata megnyilvánul többek között a csontozat, a keringési és idegrendszer betegségeinek megnövekedett kockázatában, és természetesen a szaporító szervrendszer zavarainak, betegségeinek emelkedett kockázatában. A menstruációs ciklus zavarai (rendszereltenség, kimaradó ciklusok stb.) jelezhetik ezt a problémát. Ilyenkor ajánlott nőgyógyász és endokrinológus orvosok szakvéleményét kérni, hiszen a hormonális egyensúlyzavar hosszú távon további egészségi és sport-teljesítménybeli problémákhoz vezethet.

3. Az általunk vizsgált hormonok szintjének meghatározásához ajánlott referenciák életkorbeli határokkal rendelkeznek: a tesztoszteron szintjének normáltartományát 20 éves kortól, a 17- β -ösztadiolét 17 éves kortól határozták. A kortizol-koncentrációk értékeléséhez kortól és nemtől független referenciák tartoznak, a sportolói mintában azonban a fiatalabbak alcsoportjára nagy arányban alacsony kortizolszint volt jellemző. Kizárhatjuk, hogy a rendszeres (de serdülők esetében ez még csak akár néhány éve tartó) edzőmunka hatása nyilvánul meg az alacsony kortizolszintű játékosok arányának ilyen mértékű emelkedésében, amely felveti a 18 év alattiak és felnőttek alcsoportjaira külön-külön meghatározandó normál tartományok szükségességét is. Ennek alapján ajánlásunk a kortizol esetében a nem sportolói referenciák életkori határait a gyermekek, serdülők korcsoportjára külön is kidolgozni. A továbbiakban céljaink között szerepel a három vizsgált hormon esetében sportolói referenciák kidolgozása 14 éves kortól kezdődően.

Irodalom

- Alexander, S.E., Pollock, A.C., Lamon, S. (2022): The effect of sex hormones on skeletal muscle adaptation in females. *European Journal of Sport Science*, 22(7): 1035–1045. DOI: <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1921854>
- Allen, D.B. (1999): Effects of Fitness Training on Endocrine Systems in Children and Adolescents. *Advances in Pediatrics*, 46(1): 41–66. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-3101\(24\)00027-6](https://doi.org/10.1016/S0065-3101(24)00027-6)
- Cadegiani, F. A., Kater, C. E. (2017). Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) Axis Functioning in Overtraining Syndrome: Findings from Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome (EROS) - EROS-HPA Axis. *Sports Medicine - Open*, 3: 45. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40798-017-0113-0>
- Cadegiani, F. A., Kater, C. E. (2019). Basal Hormones and Biochemical Markers as Predictors of Overtraining Syndrome in Male Athletes: The EROS-BASAL Study. *Journal of Athletic Training*, 54(8): 906–914. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-148-18>
- Cheng, A.J., Jude, B., Lanner, J.T. (2020): Intramuscular mechanisms of overtraining. *Redox Biology*, 35(February): 101480. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101480>
- Chidi-Ogbolu, N., Baar, K. (2019): Effect of estrogen on musculoskeletal performance and injury risk. *Frontiers in Physiology*, 10(JAN): 1834. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01834>
- Collomp, K., Olivier, A., Castanier, C., Bonnigal, J., Bougault, V., Buisson, C., Ericsson, M., Duron, E., Favory, E., Zimmermann, M., Amiot, V., Teulier, C. (2025): Correlation between serum and saliva sex hormones in young female athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 65(2): 274–278. DOI: <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.24.16488-2>

- Cook, C.J., Kilduff, L.P., Crewther, B.T. (2018): Basal and stress-induced salivary testosterone variation across the menstrual cycle and linkage to motivation and muscle power. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 28(4): 1345–1353. DOI: <https://doi.org/10.1111/sms.13041>
- Crewther, B.T., Lowe, T.E., Ingram, J., Weatherby, R.P. (2010): Validating the salivary testosterone and Cortisol concentration measures in response to short high-intensity exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50(1): 85–92.
- Dipla, K., Kraemer, R.R., Constantini, N.W., Hackney, A.C. (2021): Relative energy deficiency in sports (RED-S): elucidation of endocrine changes affecting the health of males and females. *Hormones*, 20(1): 35–47. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42000-020-00214-w>
- Genc, A., Güven, D., Acar, H., Tutkun, E. (2019): Investigation of the endometrial thickness and estrogen level in athletes and sedentaries. *Clinical and Experimental Obstetrics and Gynecology*, 46(1): 123–126. <https://doi.org/10.12891/ceog4531.2019>
- Healy, M.L., Gibney, J., Pentecost, C., Wheeler, M.J., Sonksen, P.H. (2014): Endocrine profiles in 693 elite athletes in the postcompetition setting. *Clinical Endocrinology*, 81(2): 294–305. DOI: <https://doi.org/10.1111/cen.12445>
- Misra, M. (2014): Neuroendocrine mechanisms in athletes. *Handbook of Clinical Neurology*, 124: 373–386. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59602-4.00025-3>
- Nazem, T.G., Ackerman, K.E. (2012): The Female Athlete Triad. *Sports Health*, 4(4): 302–311. DOI: <https://doi.org/10.1177/1941738112439685>
- Ostapiuk-Karolczuk, J., Kasperska, A., Dziewiecka, H., Cieslicka, M., Zawadka-Kunikowska, M., Zaleska-Posmyk, I. (2024): Changes in the hormonal and inflammatory profile of young sprint- and endurance-trained athletes following a sports camp: a nonrandomized pretest-posttest study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 16(1): 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13102-024-00924-3>
- Rátz-Sulyok, F.Zs., Jang-Kapuy, Cs., Nagy, A.S., Zsákai, A., Szabó, T. (2024) The relationship between endocrine status and body composition in elite handball players (14-21 ys). *Journal of Bioanthropology*, 4(2): 53. DOI: <https://doi.org/10.54062.jb>
- Skarakis, N.S., Mastorakos, G., Georgopoulos, N., Goulis, D.G. (2021): Energy deficiency, menstrual disorders, and low bone mineral density in female athletes: a systematic review. *Hormones*, 20(3): 439–448. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42000-021-00288-0>
- Sönksen, P.H., Holt, R.I.G., Böhning, W., Guha, N., Cowan, D.A., Bartlett, C., Böhning, D. (2018): Why do endocrine profiles in elite athletes differ between sports? *Clinical Diabetes and Endocrinology*, 4(1): 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40842-017-0050-3>
- Todd, E., Elliott, N., Keay, N. (2022): Relative energy deficiency in sport (RED-S). *British Journal of General Practice*, 72(719): 295–297. <https://doi.org/10.3399/bjgp22X719777>
- Walsh, N.P. (2018): Recommendations to maintain immune health in athletes. *European Journal of Sport Science*, 18(6): 820–831. DOI: <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1449895>
- 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. DOI: <https://10.20330/AnthropKozl.2015.56.139>

Levelezési cím: Rátz-Sulyok Fanny Zselyke
Mailing address: Embertani Tanszék
 Eötvös Loránd Tudományegyetem
 Pázmány P. s. 1/c.
 H-1117 Budapest
 Hungary
rsfzs5@gmail.com

