

XXXII. OTDK

Testnevelés- és Sporttudományi Szekció

**A testösszetétel, a kardiorespiratórikus állóképesség és a
hormonális működések összefüggései fiatal
kézilabdázóknál**

1. Irodalmi bevezetés

1.1 Az endokrin rendszer

Az endokrin rendszer sejtjei olyan molekulákat termelnek és szekretálnak, amelyek távoli ún. célsejtekhez eljutva azokon specifikus hatást fejtenek ki. A célsejteket a molekulák többnyire az érrendszeren keresztül érik el. A célsejtek a kémiai jelet specifikus receptor molekulák segítségével fogják fel. A jelmolekula receptorhoz való kapcsolódása után egy jelátviteli lánc indul be, amelynek a végén a célsejt valamilyen adekvát válasszal (génaktiválódás, szekréció, sejtszaporodás) reagál (KÖVES, 2002). A képződő hormonok irányítják az anyagcserét, a növekedést és a reprodukciót. Ezeknek az esszenciális működéseknek alkalmazkodni kell a környezet változásaihoz. A hypothalamo-hypophysealis rendszer teszi lehetővé, hogy a különböző érzékszervek által közvetített környezeti hatások, valamint a belső környezet jelzései a központi idegrendszerből az adenohypophisisen keresztül eljussanak az egyes endokrin mirigyekhez (FONYÓ, 2008).

1.1.1 Növekedési hormon

Kutatásunkban az egyik vizsgált hormon a növekedési hormon (GH), ami a hypothalamus elülső lebenyében termelődik. Az említett hormon a növekedés egyik legfontosabb szabályozója, de több anyagcsere folyamat szabályozásában is szerepet játszik, mint a nitrogén-, a lipid- és az ásványi anyagok metabolizmusában. Szekréciója az extrauterin élet során folyamatosan kimutatható, mennyisége a pubertáskorban a legmagasabb (MURRAY és mtsai., 2000). A GH segíti a szervezet alkalmazkodását éhezési és stressz állapotokhoz, valamint az adenohypophysis hormonhoz hasonlóan a GH szekréciója is epizodikus. A szekréciós epizódoknak (6-12 szekréciós emelkedés) napi ritmusa van. A vérplazmában a GH döntő többsége szállító fehérjéhez van kötve, ilyen a GH kötő fehérje, ezek juttatják el a hormon célsejteken lokalizálódó receptorokhoz (GODFREY és mtsai., 2003). FRYBURG és munkatársai (1993) kimutatták, hogy a GH erősen stimulálja az izomfehérjék szintézisét az egészséges embereknél.

1.1.2 Kortizol

A kortizol egy szteroid hormon, amit az emberi szervezet a mellékveséből bocsájt ki. A mellékvesékéreg szerkezete heterogén, három zónára (zona glomerulosa, zona fasciculata, zona reticularis) osztható (FONYÓ, 2008). A zona glomerulosa-t követően a zona fasciculata helyezkedik el, ott termelődik egy fiziológiás glükokortikoid hormon, a kortizol. A hormon

napi szekréciója átlagosan 20 mg, szekrécióját a napi ritmus szabályozza. Az ébredést követően egy akut emelkedés van a kortizol szekréciójában, ezt nevezik kortizol ébredési válasznak (PRUESSNER és mtsai., 1997).

A vérben részben szabadon, részben fehérjéhez kötötten szállítódik, speciális szállító fehérje a transcortin (CBG). A hormonok másik része albuminhoz kötődik (DUBEY és mtsai., 2004).

A glükokortikoidok farmakológiai hatása a szervezet specifikus protein szintéziseinek szabályozásán alapul. Amikor a szervezet kibocsátja a kortizolt, az elkezd lebonthatani az izomban található fehérjéket, így aminosavakat szabadít fel. Ez a sokrétű biológiai hatás a szervezet stresszhatásokhoz való fizioológiai alkalmazkodását szolgálja (DE SOUZA VALE és mtsai., 2009).

1.1.3 Az ösztrogén és az androgén hormonok

A női nemi hormonok (ösztrogének) szerepe lányokban a pubertás kori növekedésben kevésbé ismert. Nagy valószínűséggel a csontok hossz-növekedésében a pubertás kezdetén is fontos szerepük van. Ennek az állításnak a bizonyítására a petefészek veleszületett hiánya ad magyarázatot, ha az esedékes pubertás idejében minimális mennyiségű ösztrogént adnak be, már ez a dózis is meggyorsítja a csontok hosszirányú növekedését. Azonban a csontok növekedésének feltétele a megfelelő koncentrációban jelenlévő hormon mennyiség, mert optimálistól eltérő mennyiségben gátolják a hossz-növekedést. Ahogy az androgén, úgy az ösztrogének is az epifízisfugák záródását okozzák (FONYÓ, 2008).

A pubertás kezdetén mindkét nemben megindul a mellékvesekéreg androgén hormonjainak az elválasztása. Ezen hormonok szekréciója kezdetben szintén nagymértékben fokozza a csontok hossz-növekedését. Ezt a hatást a megemelkedett növekedési hormon szekréció okozza. Az androgének növelik a GH-szekréciós pulzusok amplitúdóját és frekvenciáját, így a napi szekréciójának a mennyiségét is. Az epifízis porcra is közvetlenül hatnak, ami azt jelenti, hogy GH nélkül is kifejtik hatásukat csak a növekedés üteme lassabb lesz. Az androgének a csontok növekedésére kifejtett hatásuk mellett fokozzák az izomzat fejlődését is (FONYÓ, 2008).

Fiú és lány gyermekek vizsgálatakor kimutatták, hogy a tesztoszteron szintje szignifikánsan magasabb a fiúkban, mint a lányokban ($p=0.010$), míg az ösztradiol mennyiségét vizsgálva nem találtak szignifikáns különbséget a nemek között (LUTCHMAYA és mtsai., 2003).

A tesztoszteron mindkét nem esetén szükséges a megfelelő agyműködéshez, a csont- és izomtömeg kialakulásához, megfelelő zsíreloszláshoz, energiatermeléshez és a szexuális funkciók működéséhez (MATOS és mtsai., 2007). REMES és munkatársai (1979) kimutatták azt, hogy nagy intenzitású edzés hatására szignifikánsan megemelkedik a tesztoszteron koncentrációja a szervezetben, valamint, hogy a tesztoszteron hormon termelődése is a napi ritmushoz igazodik.

A szérumban lévő ösztadiol mennyisége a pubertás kezdetekor kezd el növekedni és szintén követi a napi ritmicitást (MITAMURA és mtsai., 2000). Az előbb említett kutató csoport azt találta a napi ritmust követő tesztoszteron és ösztadiol szintek esetében, hogy a kora reggeli órákban hasonló emelkedést mutatnak.

1.2 Pubertás előtt álló lányok fiziológiai paraméterei

Az Országos Longitudinális Gyermeknövekedés-vizsgálat referencia-adatai alapján a prepubertáskorú lányokra jellemző antropometriai és testösszetételi adatokat a 1., 2., és a 3. táblázatban foglaltuk össze. 11,5 éves lányok átlagos paraméterei $148,83 \pm 7,18$ cm, $40,68 \pm 9,23$ kg és BMI-jük $18,24 \pm 3,26$ kg/m² (JOUBERT és mtsai., 2006).

A testtömeg-index (BMI) a testtömeg és a testmagasság viszonyáról ad tájékoztatást, a testmagasság „négyzetméterére” jutó testtömeg kilogrammot adja meg.

Az 4. táblázatban erre az életkorra jellemző bőrredő vastagságokat tüntettük fel. 11,5 éves korban a triceps feletti bőrredő $12,5 \pm 5,4$ cm, a subscapula bőrredő $9,5 \pm 5,5$ cm és az abdomen bőrredő $12,8 \pm 7,5$ cm vastagságú (JOUBERT és mtsai., 2006).

A maximális oxigénfelvevő képesség (VO_{2max}) a test által maximálisan felvehető és szállítható oxigén mennyiségét fejezi ki, egyik mutatója az egyénre jellemző aktuális állóképességnek. Mértékét abszolút formában l/min-ben vagy relatív formában ml/kg/min lehet megadni. VO_{2max} értéke a kortól, a nemtől és az edzettségi szinttől függ, de a genetikai háttér is jelentős mértékben befolyásolja. Az értéke edzéssel javítható, de a kor előrehaladtával csökken (BRUCE és mtsai., 1973). A VO_{2max} értéke összefüggésben áll a test zsírtömegével (ANDERSEN és mtsai., 1994).

1998-ban AMSTRONG és munkatársai 12,2 $\pm$ 0,4 korú fiúknál és lányoknál egyaránt vizsgálták a maximális oxigénfelvevő képességet, s szignifikáns különbséget ($p<0,01$) kaptak a fiúk (52 $\pm$ 6 ml/kg/min) és lányok értékei (44 $\pm$ 5 ml/kg/min) között.

1.3 Rendszeres edzés hatása fiatalokra

Rendszeres edzés hatására a prepubertáskorú gyermekeknél javítható az erőnlét, valamint az aerob és anaerob állóképesség. Az erő fejlődése és az izomhipertrófia (az izomsejtek mérete növekszik) felnőttek esetében neurális és humorális változások miatt következik be, míg prepubertás korban az izomhipertrófia korlátozott, de a növekedési és nemi hormonok mennyisége változtathatja fejlődésének ütemét (MATOS és mtsai., 2007).

MCMANUS és munkatársai (1997) kutatásukban 12 fiatal lányt (életkoruk átlaga: 9,6 év) vizsgáltak egy 8 hetes kerékpáros edzést követően. Végeredményben a lányok VO_{2max} értékei 10%-kal javultak. Ugyanerre az eredményre jutottak BAQUET és munkatársai 2002-es cikkükben. 7 hetes nagy intenzitású intervallum edzés hatására a prepubertáskorú lányok és fiúk esetében hasonló mértékben javult a VO_{2max} érték. Ezzel ellentétben más tanulmányban leírták, hogy a pubertás előtt a VO_{2max} értékére nincs hatással az edzés (MIRWALD és mtsai., 1981). Ez a tény azt feltételezi, hogy a növekedés során van egy olyan fejlettségi állapot, amelyben ez az érték csak kismértékben fejleszthető a testméret változásának következtében.

1.4 Sport hatása az említett hormonokra

WIRTH és munkatársai (1978) 41 úszó lányt és fiút vizsgáltak (8-18 éves korig) kerékpár ergométeres terhelés segítségével. A vizsgálat végén azt találták, hogy a vérplazmában jelenlévő GH mennyisége majdnem háromszor magasabb volt a pubertáson átesett személyeknél, mint a prepubertás korúaknál. A hormon koncentrációk között nem találtak nemi különbségeket. Azt feltételezték, hogy a hormonválasz életkorfüggő és ez a tény a különböző szex hormonok szintjével magyarázható.

Irodalmi adatok szerint a növekedési hormon mennyisége egyenes arányban változik az edzés intenzitásával (REZAI és mtsai., 2013).

MERO és munkatársai (1990) 10-12 éves fiúk tesztoszteron szintjének változását vizsgálták egy évnyi aktív sport (futás, tenisz, súlyemelés) után. A kapott eredményeket összevetették egy kontroll csoporttal. A tesztoszteron koncentrációja majdnem háromszor magasabb volt az edzett személyeknél. Megállapították, hogy a tesztoszteron szint az egyéves edzés alatt megduplázódott a sportoló fiúk esetében. Ezek az eredmények azt a feltevést támasztják alá, hogy az állóképességi edzés megváltoztathatja a nemi hormonok termelődését már fiatal sportolóknál is.

A tesztoszteron-kortizol arány jelzi a szervezetben folyó anabolikus és katabolikus folyamatok egyensúlyát (URHAUSEN és mtsai., 1995).

DE SOUZA VALE és munkatársai (2009) vizsgálataik során igazolták, hogy nagyintenzitású edzés hatására megemelkedik a kortizol koncentráció, továbbá azt, hogy ez a jelenség gátolja a fehérjeszintézist és ezáltal az edzésekkel együtt növelheti az izomvesztést.

2. Célkitűzések

Célunk volt (i) mérni az utánpótláskorú leány kézilabda játékosok ($n=18$, decimális életkor: $11,55\pm 0,57$ év) antropometriai paramétereit, a kardio-respiratórikus állóképességet, valamint (ii) hormonok plazma koncentrációját (GH, kortizol, ösztrogén és tesztoszteron).

Továbbá (iii) a fenti paraméterek változásait és kapcsolatait vizsgáltuk nyolchetes edzést követően az állóképesség fejlődésének szenzitív időszakában rendszeresen sportoló vizsgálati személyek részvételével.

3. Anyagok és módszerek

3.1 A vizsgálatban résztvevő személyek

A Mohácsi Torna Egylet Kézilabda Szakosztály utánpótláskorú (2001-2002) játékosai ($n=18$, decimális életkor: $11,55\pm 0,57$ év) vettek részt a vizsgálatban. Az alanyok átlagosan $4,94\pm 1,73$ éve versenyszerűen sportolnak. A szülők és a PTE Etikai Bizottságának engedélyével végeztük el a vizsgálatokat, amiben a gyermekek önként vettek részt.

3.2 A vizsgálat menete

A vizsgálat három részből állt. Első lépésben a kézilabda edzés alapozó időszakának kezdetén vettek részt egy antropometriai (testmagasság, testtömeg), testösszetételi (testzsír százalék (TZS%)) mérésen és egy futópados (Full Vision futópad ergométer, Modell NO: TMX 425) terhelést hajtottak végre. A terhelés előtt vérvétel is történt, ami a későbbi hormon mennyiségek meghatározását szolgálta. Ezen felül meghatároztuk a nyugalmi vértejsav-szintjüket.

A vizsgálat második fázisában nyolchetes edzésen vettek részt a játékosok, melyet a szakosztály edzői állítottak össze. Az edzéseken (1,5 h) hetente ötször vettek részt. Ebből hetente háromszor a technikai és taktikai kézilabda specifikus elemeken kívül az állóképesség fejlesztésére is törekedtek. A felkészülési időszak első két hetében ezt 20 perces folyamatos futással teljesítették, majd az azt követő hat hétben 25 percre emelték a futások időtartamát.

A 8 hetes edzés időszaka után, újra részt vettek az első lépésben említett méréseken és a terhelésen.

3.3 Antropometriai és testösszetételi mérések

Az antropometriai mérések során a vizsgált egyének testmagasságát és testtömegét mértük le. Könnyű sportruházatban vizsgáltuk a testtömeget.

Ezután ezek alapján a testtömeg indexüket (BMI) számoltuk ki az alábbi képlet alapján:

$$\text{BMI} = \frac{\text{Testtömeg(kg)}}{\text{Testmagasság(m)}^2} = \text{kg / m}^2 \quad (\text{FARKAS és mtsai., 2008}).$$

Kaliper (Lange típusú) segítségével bőrredők (biceps feletti, triceps feletti, subscapula, suprailiaca, abdomen, comb, lábikra területén) vastagságát is felmértük. Ez a módszer megfelelő a test zsírtartalmának becslésére. A nemüknek és az életkoruknak megfelelő képletet $(\text{testzsír}\% = 1,21(\text{triceps} + \text{subscapula}) - 0,008(\text{triceps} + \text{subscapula})^2 - 3,4)$ használva kiszámoltuk a testzsír százalékukat (SLAUGHTER és mtsai., 1988).

3.4 Tejsavszint meghatározás

Ujjbegyből vett (automata lándzsa segítségével) kapilláris vérből mértük a tejsavszintet, Lactate Scout Analyzer készülék (EKG Senslab, Németország) segítségével. A terhelés előtt és azt követően is vizsgáltuk a tejsavszinteket, mmol/l mértékegységgel adtuk meg a tejsav mennyiségét.

3.5 Terheléses vizsgálat

A vizsgált személyek a futószalag protokollok közül a leggyakrabban alkalmazott, Bruce által bevezetett terhelést végezték el (BRUCE, 1973). Ez a protokoll lépcsős terhelési rendszerű folyamatos terhelést alkalmaz. Minden terhelési lépcső három percig tart, a futószalag sebessége és meredeksége minden terhelési szint esetén fokozódik. A terhelést megelőzte egy bemelegítő szakasz, ami egyperces lassú sétát foglalt magában. A terhelés az alany toleranciaszintjéig tartott vagy extrém esetben a teszt protokolljának a végéig.

A terhelések alatt sportorvos felügyelte a vizsgált alanyok életfunkcióit.

3.6 Vérminták gyűjtése és laboratóriumi feldolgozása

A nyolchetes edzést megelőzően és azt követően is éhgyomri vénás vérvétel történt. A mintákból az ösztrogén, a tesztoszteron, a kortizol és a GH vérben lévő mennyiségét kívántuk meghatározni.

Centrifugálást (4000 rpm (-percenkénti fordulatszám), 10 min) követően, a felülúszó plazmát a további laboratóriumi felhasználásig -80 °C-on tároltuk. A vizsgált hormonok koncentrációjának meghatározása immunoassay alkalmazásával történt. Kemilumineszcens detektálást alkalmaztunk a mérések során.

3.7 A kapott adatok feldolgozása

Az adatok statisztikai elemzéséhez az SPSS 22.0 nevű programban található párosított T próbát és az egyes adatok közötti összefüggések vizsgálatára Pearson korrelációelemzést használtunk. Az eredmények átlagát és szórását ábrázoltuk minden ábra és táblázat esetén. Egy eredményt akkor fogadunk el szignifikánsként, ha $p < 0,05$.

4. Eredmények és megbeszélés

Az antropometriai mérések eredményei a 5. táblázatban kerülnek bemutatásra. Az utánpótláskorú játékosok decimális életkora $11,55 \pm 0,57$ év. Morfológiai életkorukat kiszámítva (MÉSZÁROS, 2003) megállapíthatjuk azt, hogy a vizsgált kézilabdás lányok testfelépítése egy évvel meghaladta a decimális életkoruknak megfelelőt. Szignifikáns különbséget ($p=0,003$) kaptunk a nyolchetes edzés előtti és utáni morfológiai életkorukban. A két mérési időpontot összehasonlítva az antropometriai paraméterek közül csak a testmagasságok között találtunk szignifikáns különbséget ($p=0,000$). Ez az eredmény azt sugallja, hogy a vizsgálat időpontja egybeesett a lányok növekedési lökésének fázisával. A kapott adatok alapján azt mondhatjuk, hogy a testtömegben, a testmagasságban és a kiszámolt BMI-ben is meghaladták a velük egykorú átlag magyar lányoknál mért értékeket (1., 2., és 3. táblázat).

A 6. táblázatban a terhelés előtt, közben és után mért adatokat (nyugalmi laktátszint, terhelés utáni laktátszint, maximális pulzusszám, maximális oxigénfelvevő képesség, terhelés időtartama) tüntettük fel. Egyik esetben sem találtunk szignifikáns különbséget a regisztrált adatok között az első mérés és az edzés utáni visszamérés összevetésekor. A játékosok csak minimális javulást mutattak a nyolc hét elteltével.

A nyolchetes edzés előtt és azt követően is elvégzett futószalagos vizsgálat esetén vizsgáltuk a vérben lévő laktát mennyiségének változását a terhelés hatására. Azt az eredményt kaptuk, hogy a nagy intenzitású terhelés hatására mindkét esetben szignifikánsan emelkedett a vérben lévő tejsav koncentrációja ($p=0,000$; 6. táblázat). Tanulmányokban bizonyították, hogy humán szervezetben a vérplazma laktát koncentrációja emelkedik a különböző izommunkák elvégzését követően (STAINSBY és BROOKS, 1990).

A maximális pulzusszám (HR_{max}) becslésére gyakran a 220-életkor képletet alkalmazzák. Az életkor előrehaladásával a lehetséges maximálisan pulzusszám csökken (TANAKA és mtsai., 2001). A mért maximális pulzusszám adatok (6. táblázat) és a képlet alapján kiszámolt HR_{max} értékek (208,5 bpm) összehasonlításakor azt látjuk, hogy a lányok a terhelések alatt nem érték el a képlet felhasználásával kalkulált várható maximális pulzusszámukat. Tudható, hogy a képlet alkalmazása csak egy becslési eljárás, főleg rendszeresen sportoló személyek esetében alkalmazzák. Mégis az eredmény alapján azt valószínűsíthetjük, hogy az elvégzett futószalagos teszt nem jelentett maximális terhelést az alanyok számára.

A VO_{2max} tekintetében közel megegyező eredményt kaptunk a szakirodalomban leírtakkal (AMSTRONG és mtsai., 1998). Kismértékű javulás azt jelenti, hogy a keringés alkalmazkodott a fizikai aktivitáshoz, így a szervek, izmok több oxigént képesek felvenni.

A 1. számú ábra mutatja a bőrredő vastagságok változásait a nyolchetes edzés tükrében. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy az edzés hatására a mért bőrredő vastagságok minden esetben csökkentek, de szignifikáns különbséget csak a biceps feletti ($p=0,001$), a triceps feletti ($p=0,004$), a suprailiaci ($p=0,000$) és az abdomen ($p=0,005$) bőrredői között találtunk.

SLAUGHTER és munkatársai (1988) által kidolgozott képlet ($TZS\% = 1,21(\text{triceps} + \text{subscapula}) - 0,008(\text{triceps} + \text{subscapula})^2 - 3,4$) alapján meghatároztuk a testzsír százalékot, ez a számítás két bőrredő vastagság felhasználásával becsüli meg a $11,4 \pm 1,9$ éves lányok esetében a testzsír százalékot. Az említett képlet alapján kiszámolt testzsír értékeket összehasonlítva is szignifikáns különbséget ($p=0,003$) találtunk a nyolc hét elteltével. Ez a testzsírcsökkenés a bioimpedancia analizátoros vizsgálat során nem volt ilyen pontosan kifejezhető. A bőrredő mérés és a bioimpedancia analizátoros becslés különböző pontosságú és érzékenységgű módszerei a testzsír-százalék meghatározásának.

A 2., a 3., a 4. és az 5. ábra az általunk mért hormonok mennyiségének változását mutatja be a nyolchetes edzés után. A tesztoszteron, a GH és az ösztradiol esetében sem találtunk szignifikáns változást a nyolc hét elteltével.

A tesztoszteron mennyisége emelkedést mutatott a nyolc hét után (2. ábra), de a két érték között nem találtunk szignifikáns különbséget. MERO és munkatársai (1990) igazolták, hogy 10-12 éves fiúk esetében hosszútávú edzés hatására szignifikánsan emelkedik a tesztoszteron mennyisége. Vizsgálatunk során, a prepubertás korú lányok esetében is rendszeres edzés hatására emelkedett a hormon koncentrációja. Egy hasonló vizsgálatban ugyanilyen korú lányokat vizsgáltak az izomerő szempontjából. Ott azt bizonyították, hogy az izomerő fejlődése hatással van a tesztoszteron koncentrációra, emelkedést okoz a plazma tesztoszteron szintjében. Ezt a kapcsolatot nálunk is feltételezni lehet a két paraméter között (CSELKÓ, 2014).

A növekedési hormon esetében hatalmas volt az egyéni variancia mindkét mérés esetében (3. ábra). Ebből arra következtethetünk, hogy az edzés intenzitása eltérően hatott a lányokra. REZAI és munkatársai (2013) vizsgálatuk során azt tapasztalták, hogy maximális terhelés hatására lányokban (átlag életkor: 14,75 év) szignifikánsan ($p=0,048$) csökken a GH mennyisége.

Az ösztadiol mennyisége átlagosan csökkent (4. ábra). Ebben az esetben is az figyelhető meg, hogy nagy volt a szórás a vizsgált személyek eredményei között, feltehetőleg eltérő biológiai életkoruk eltérő fejlettsége miatt.

A kortizol mennyisége minden vizsgált személynél emelkedett (5. ábra). Szignifikáns különbséget ($p=0,031$) találtunk a két mérési időpont összehasonlításakor. Ez azt feltételezi, hogy a rendszeres edzés stresszként hat a szervezetre. Irodalmi adatok szerint is a nagy intenzitású edzés hatására emelkedik a kortizol szint (DE SOUZA VALE és mtsai., 2009). LEHMANN és munkatársai (1998) szerint a csökkent kortizol koncentráció a krónikus túledzés egyik lehetséges markere lehetne, míg a hormon mennyiségének emelkedése egy akut túledzést jelezhet (KIRWAN és mtsai., 1988).

Feltételezésünk szerint a rendszeresen sportoló prepubertás korban lévő lányoknál az edzés hatására megváltoznak a különböző hormonok arányai, így várhatóan a pubertás fázisába való belépés időpontja is változik.

A Pearson korreláció elemzés hormonszintekre vonatkozó eredményeit a 7. táblázatban foglaltuk össze. Pozitív korrelációt találtunk az edzési időszak előtt és azt követően mért három hormon esetében (ösztadiol, kortizol és tesztoszteron), ez alól csak a GH volt kivétel. Egyenes arányosságot figyeltünk meg az első és második regisztrált tesztoszteron és nyolc hét edzést követő GH mennyiségek között. Szignifikáns összefüggés észlelhető a plazma ösztadiol és tesztoszteron szintek között mind a nyugalmi, mind az edzési időszak után. A szakirodalomban olvasható adatok szerint az említett hormonok szinergista módon egymás hatását erősítik (MAURAS és mtsai., 2003).

A morfológiai életkorok összefüggésben állnak a tesztoszteron koncentrációkkal a nyolchetes edzés előtt ($r=0,540$, $p=0,021$) és az után ($r=0,736$, $p=0,001$). Az eredmények alapján azt feltételezhetjük, minél fejlettebb a testfelépítés, annál inkább növekszik a tesztoszteron mennyisége a szervezetben.

A VO_{2max} a testösszetételi paraméterekkel és a bőrredő vastagságokkal negatív korrelációban áll. Ez az eredmény megegyezik a szakirodalmi adatokkal (ANDERSEN és mtsai., 1994), ahol azt bizonyították, hogy a zsírtömeg összefüggésben áll a VO_{2max} értékével.

A futószalagos terhelés időtartamával pozitív korrelációban van a maximálisan felvehető és szállítható oxigén mennyisége. Az általunk mért hormon koncentrációk nem mutattak összefüggést a VO_{2max} értékekkel a kézilabdás lányok esetében.

5. Összefoglalás

Számos kutatásban vizsgálták a hormonális működések változásait gyermekkorban, a pubertást megelőző időszakban, de csak kevésben elemezték a hormonális változások és a rendszeres testedzés kapcsolatát.

Célkitűzésünk volt, hogy vizsgáljuk az antropometriai jellemzőket, a kardio-respiratórikus állóképességet, különböző hormonok (ösztrogén, tesztoszteron, kortizol, GH) plazmában mért szintjeit, és elemezzük az említett paraméterek összefüggéseit kézilabdázó leányoknál. Továbbá a vizsgálat során célunk volt, hogy megvizsgáljuk egy nyolchetes edzési intervallum milyen változásokat okoz a fiatal kézilabdázók felsorolt mutatóiban.

A vizsgált személyek 10-12 éves versenyszerűen kézilabdázó lányok voltak ($n=18$), akik egy nyolchetes edzésprogramban vettek részt. Az edzést megelőzően és azt követően is mértük az antropometriai jellemzőiket, valamint az éhgyomri plazma hormon koncentrációit. Az edzés időszak előtt és azt követően is végrehajtottak egy komplett spiroergometriás futópados terhelést (Bruce protokoll).

A két mérési időpont között szignifikáns különbséget találtunk a leányok testmagasságában ($p=0,000$) és a morfológiai életkorában ($p=0,003$), valamint a bőrredők segítségével becsült testzsír százalékokban ($p=0,000$). Az eredmények alapján a lányok közvetlenül a pubertás előtti fejlődési stádiumban tartanak. A VO_{2max} kismértékben fejlődött minden alany esetében, de nem mutatott szignifikáns különbséget a két mérési időpont között.

A hormonok vizsgálatakor szignifikáns különbséget csak a kortizol esetében kaptunk ($p=0,031$) a két mérés eredménye között, edzés hatására megemelkedett a plazmában lévő koncentrációja. Ez a változás feltehetőleg a hosszútávú, nagy intenzitású edzés miatt következett be, mely stresszként hatott szervezetükre. Az ösztrogén, a tesztoszteron és a GH szintek közt pozitív korrelációkat találtunk. Szakirodalmi adatok szerint ezen hormonok szinergista módon egymás hatását erősítik, ez kutatásunkban is igazolódott. A maximális oxigénfelvevő képesség és az általunk vizsgált hormonok között nem találtunk kapcsolatot, valószínűleg ez az alacsony elemszámmal magyarázható.

Igazoltuk azt, hogy prepubertás korban lévő kézilabdázó lányok esetében rendszeres edzés hatására szignifikánsan megemelkedik a kortizol koncentráció, kis mértékben fejlődik a VO_{2max} . Feltételezhető, hogy a megváltozott hormon arányok miatt sportoló lányoknál későbbi életkorra tolódik a pubertás kezdete.

6. Irodalomjegyzék

- AMSTRONG N., WELSMAN J. R., KIRBY B. J. (1998): Peak oxygen uptake and maturation in 12-yr olds. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30(1): 165-169.
- ANDERSEN L. B., HARALDSDOTTIR J. (1994): Changes in CHD risk factors with age: a comparison of Danish adolescents and adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 26: 967-72.
- BAQUET G., BERTHOIN S., DUPONT G., BLONDEL N., FABRE C., VAN PRAAGH E. (2002): Effects of high intensity intermittent training on peak VO₂ in prepubertal children. *International Journal of Sports Medicine* 23: 439-444.
- BRUCE R. A., KUSUMI F., HOSMER D. (1973): Maximal oxygen intake and non-mographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal* 85: 546-562.
- CSELKÓ A. (2014): Performance changes of prepubertal female handball players after 8 weeks of aerobic training. *International Congress of Sport Sciences for Students, Budapest*, pp.: 104-105.
- DE SOUZA VALE R. G., DE OLIVEIRA R. D., PERNAMBUCO C. S., DA SILVEIRA FONTENELE DE MENESES Y. P., DA SILVA NOVAES J., DE FATIMA DORNELAS DE ANDRADE A. (2009): Effects of muscle strength and aerobic training on basal serum levels of IGF-1 and cortisol in elderly women. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 49(3): 343-347.
- DUBEY A., BOUJOUKOS A. J. (2004): Free cortisol levels should not be used to determine adrenal responsiveness. *Evidence-Based Medicine Journal Club* 9: E2.
- FARKAS L. GY., GYENIS GY., KOCSIS S. G., MARCSIK A. (2008): *Fejezetek a biológiai antropometriából*. JATEPress, Szeged, 265 pp.
- FONYÓ A. (2004): *Az orvosi élettan tankönyve*. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, 1148 pp.
- FRYBURG D. A., BARRETT E. J. (1993): Growth hormone acutely stimulates skeletal muscle but not whole-body protein synthesis in humans. *Metabolism* 42(9): 1223-7.
- GODFREY R. J., MADGWICK Z., WHYTE G. (2003): The exercise-induced growth hormone response in athletes. *Sports Medicine* 33(8): 599-613. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 86(12): 5715-20.
- JOUBERT K., DARVAY S., GYENIS GY., ÉLTETŐ Ö., MAG K., VAN'T HOF M., ÁGFALVI R. (2006): Az országos longitudinális gyermeknövekedés-vizsgálat születéstől 18 éves

- korig I. In: JOUBERT K. (szerk.): Kutatási Jelentések 83. Központ Statisztikai Hivatal, Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 137 pp.
- KIRWAN J. P., COSTILL D. L., FLYNN M. G., MITCHELL J. B., FINK W. J., NEUFER P. D., HOUMARD J. A. (1988): Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20: 255-259.
- KÖVES K. (2002): Endokrin rendszer. In: RÖHLICH P. (szerk.): Szövektan. Semmelweis Egyetem Képzéskutató, Oktatástechnológiai és Dokumentációs Központ, Budapest, pp.: 437-449.
- LEHMANN M., FOSTER C., DICKHUTH H. H., GASTMANN U. (1998): Autonomic imbalance hypothesis and overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30: 1140-1145.
- LUTCHMAYA S., BARON-COHEN S., RAGGATT P., KNICKMEYER R., MANNING J. T. (2003): 2nd to 4th digit ratios, fetal testosterone and estradiol. *Early Human Development* 77(1-2): 23-28.
- MATOS N., WINSLEY R. J. (2007): Trainability of young athletes and overtraining. *Journal of Sports Science and Medicine* 6: 353-367.
- MAURAS N., RINI A., WELCH S., SAGER B., MURPHY S. P. (2003): Synergistic effects of testosterone and growth hormone on protein metabolism and body composition in prepubertal boys. *Metabolism* 52(8): 964-9.
- MCMANUS A., ARMSTRONG N., WILLIAMS C. (1997): Effect of training on the aerobic power and anaerobic performance of prepubertal girls. *Acta Paediatrica* 86: 456-459.
- MERO A., JAAKKOLA L., KOMI P. V. (1990): Serum hormones and physical performance capacity in young boys athletes during a 1-year training period. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 60(1): 32-7.
- MÉSZÁROS J. (2003): A gyermeksport biológiai alapjai. Plantin-Print Bt., Budapest, 242 pp.
- MIRWALD R. L., BAILEY D., CAMERON N. (1981): Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7.0 to 17.0 years. *Annals of Human Biology* 8: 405-14.
- MITAMURA R., YANO K., SUZUKI N., ITO Y., MAKITA Y., OKUNO A. (2000): Diurnal rhythms of luteinizing hormone, folliclestimulating hormone, testosterone, and estradiol secretion before the onset of female puberty in short children. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 85(3): 1074-1080.
- MURRAY R. D., SHALET S. M. (2000): Growth hormone: current and future therapeutic applications. *Expert Opinion on Pharmacotherapy* 1(5): 975-90.

- PRUESSNER J. C., WOLF O. T., HELLHAMMER D. H., BUSKE-KIRSCHBAUM A., VON AUER K., JOBST S., KASPERS F., KIRSCHBAUM C. (1997): Free cortisol levels after awakening: a reliable biological marker for the assessment of adrenocortical activity. *Life Sciences* 61: 2539-2549.
- REMES K., KUOPPASALMI K., ADLERCREUTZ H. (1979): Effect of long-term training on plasma testosterone, androstenedione, luteinizing hormone, and sex hormone binding globulin capacity. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* 39: 743-750.
- REZAI S., NIKSERESHT A. (2013): Effect of championship trainings on growth hormone response in adolescent's champion martial girls and boys. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 4(7): 1813-1819.
- SLAUGHTER M. H., LOHMAN T. G., BOILEAU R. A., HORSWILL C. A., STILLMAN R. J., VAN LOAN M. D., BEMBEN D. A. (1988): Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology* 60(5): 709-23.
- STAINSBY W. N., BROOKS G. A. (1990): Control of lactic acid metabolism in contracting muscle and during exercise. In: Pandoff K.B., Holloszy J.O. (Eds.): *Exercise in Sports Science Review*. Williams & Wilkins, Baltimore, pp.: 29-63.
- TANAKA H., MONAHAN K. D., SEALS D. R. (2001): Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology* 37(1): 153-156.
- URHAUSEN A., GABRIEL H., KINDERMANN W. (1995): Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Medicine* 20(4): 251-276.
- WIRTH A., TRAGER E., SCHEELE K., ET AL. (1978): Cardiopulmonary adjustment and metabolic response to maximal and submaximal physical exercise of boys and girls at different stages of maturity. *European Journal of Applied Physiology* 39: 229-40.

7. Függelék

7.1 Táblázatok

Testmagasság		
Életkor (év)	Átlag magasság (cm)	Szórás (cm)
11	145,48	6,97
11,5	148,83	7,18
12	152,01	7,1

1. táblázat: A testmagasságok referencia átlagai Magyarországon (JOUBERT és mtsai., 2006)

Testtömeg		
Életkor (év)	Átlag tömeg (kg)	Szórás (kg)
11	38,08	8,53
11,5	40,68	9,23
12	43,42	9,62

2. táblázat: A testtömeg referencia átlagai Magyarországon (JOUBERT és mtsai., 2006)

Testtömeg index (BMI)		
Életkor (év)	Átlag BMI (kg/m^2)	Szórás (kg/m^2)
11	17,87	3,13
11,5	18,24	3,26
12	18,68	3,29

3. táblázat: Testtömeg index referencia átlagai 11-12 éves korban Magyarországon
(JOUBERT és mtsai., 2006)

Bőrredő			
Életkor (év)	Triceps (mm)	Subscapula (mm)	Abdomen (mm)
11	12,3±5,4	9,3±5,3	12,4±7,3
11,5	12,5±5,4	9,5±5,5	12,8±7,5
12	12,6±5,4	9,8±5,5	13,3±7,4

4. táblázat: Bőrredők referencia átlagai 11-12 éves korban Magyarországon
(JOUBERT és mtsai., 2006)

	8 hetes edzés előtt	8 hetes edzés után
Életkor (év)	11,55 ± 0,57	11,76 ± 0,63
Morfológiai életkor (év)	12,58 ± 0,76	12,77 ± 0,66
Testtömeg (kg)	45,06 ± 6,79	45,26 ± 6,58
Testmagasság (cm)	154,33 ± 4,90	155,46 ± 4,68
Testzsír százalék (%)	21,63 ± 2,95	21,18 ± 3,72
BMI (kg/m²)	18,84 ± 2,10	18,67 ± 2,04

5. táblázat: Antropometriai mérések eredményei

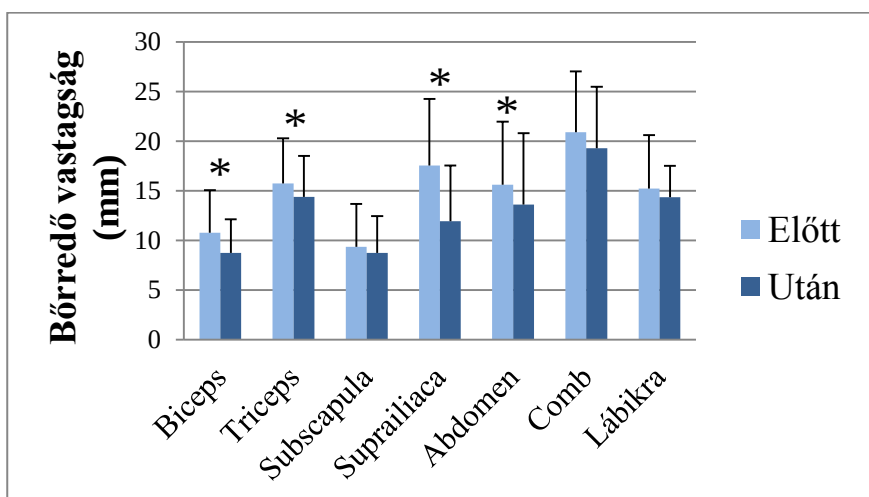
	8 hetes edzés előtt	8 hetes edzés után
Nyugalmi tejsavszint (mmol/l)	1,71 ± 0,37	1,61 ± 0,33
Terhelés utáni tejsavszint (mmol/l)	5,45 ± 1,72	5,34 ± 1,66
Maximális pulzusszám (bpm)	193,12 ± 9,55	192,53 ± 7,60
Maximális oxigénfelvevő képesség (ml/kg/min)	42,98 ± 5,65	43,72 ± 5,05
Terhelés időtartama (min)	17,88 ± 3,24	19,22 ± 2,87

6. táblázat: Terheléses paraméterek a nyolchetes edzés előtt és azt követően

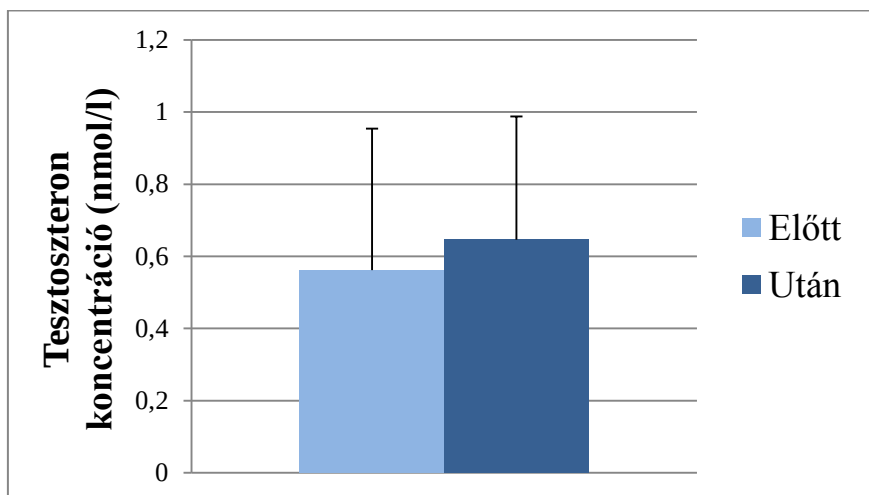
Kapcsolódó hormonok		Korrelációs együttható (r)	Szignifikancia szint (p)
Ösztradiol (előtt)	Tesztoszteron (előtt)	0,525	0,025
	Ösztradiol (után)	0,644	0,007
Tesztoszteron (előtt)	GH (után)	0,644	0,007
	Tesztoszteron (után)	0,887	0,000
Kortizol (előtt)	Kortizol (után)	0,769	0,000
Ösztradiol (után)	Tesztoszteron (után)	0,562	0,024
Tesztoszteron (után)	GH (után)	0,531	0,034

7. táblázat: Egyes hormonok között regisztrált szignifikáns kapcsolatok

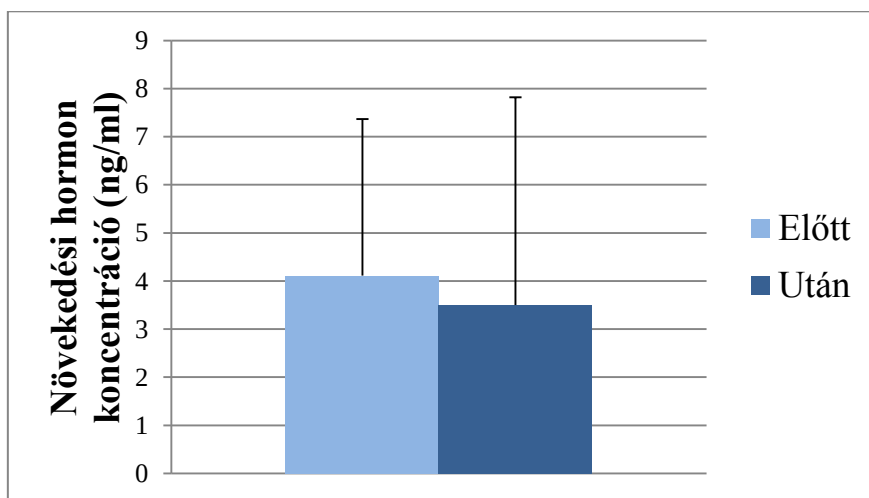
7.2 Ábrák



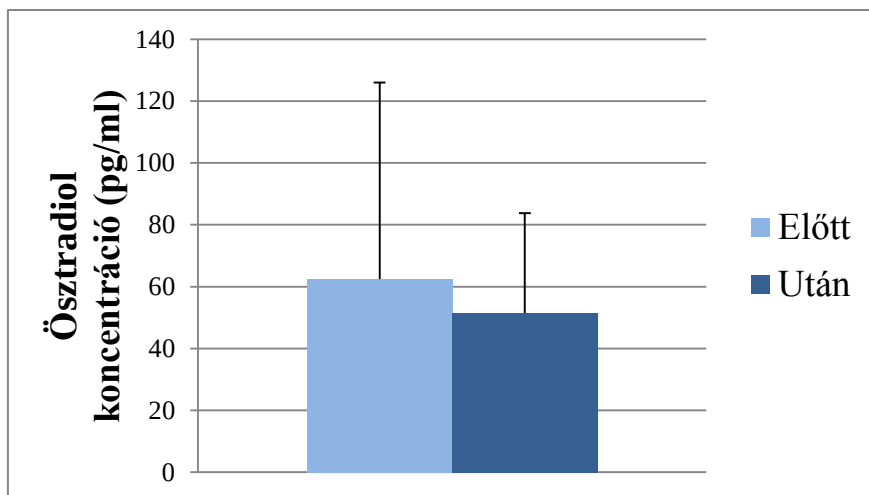
1. ábra: Bőrredő vastagságok a nyolchetes edzés előtt és azt követően



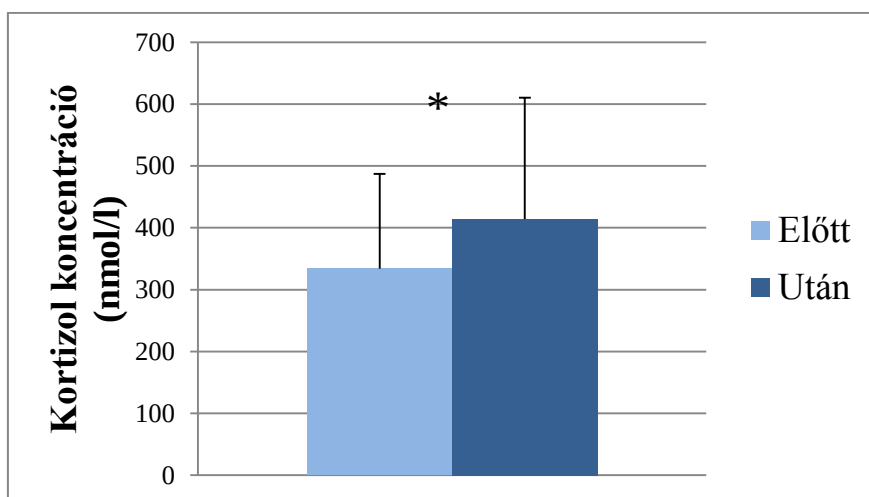
2. ábra: A tesztoszteron koncentrációja a nyolchetes edzés előtt és azt követően



3. ábra: A növekedési hormon mennyiségének változása a két mérési időpontban



4. ábra: Az ösztradiol mennyiségének változása a két mérési időpontban



5. ábra: A kortizol mennyiségének változása a két mérési időpontban

8. Nyilatkozat a pályázó egyéni hozzájárulásáról a pályaműben leírt eredményekhez

Alulírott Szabó Edina Ivett a dolgozatban leírt munkafolyamatok közül a:

- a vizsgált minta beválasztását
- mérések lebonyolítását
- adatok feldolgozását és kiértékelését

végeztem el.

A dolgozatot önállóan állítottam össze.

Pécs, 2014. 07. 09.

.....

Szabó Edina Ivett

sk.