

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Biológiai és Sportbiológiai Doktori Iskola

A humán nyál és a vér összetételének változása terhelések hatására

PhD értekezés tézisei

Tékus Éva

Témavezető

Dr. Wilhelm Márta

habil. egyetemi tanár

PÉCS, 2016

1. Bevezetés

A modern molekuláris biológiai kutatásokban számos testfolyadékot vizsgálnak a humán szervezetben lezajló folyamatok jellemzésére, esetlegesen betegségek azonosítására, vagy a fizikai aktivitás hatásának monitorozására. Jelen kutatások során két testfolyadék (nyál, vér) kvalitatív és kvantitatív összetételét vizsgáltuk testedzést követően.

Napjaikra számos a nyálban jelenlevő összetevő esetén bizonyították, hogy egyszeri terhelés, vagy hosszabb ideig tartó edzések befolyásolják a mennyiségét (Chicharro és munkatársai (1998) leírták, hogy fizikai aktivitást követően elsődlegesen a nyálban lévő immunglobulinok, fehérjék, ionok, hormonok és a tejsav koncentrációja változik.

Az edzés hatékonyságának vizsgálatára régóta használt molekula a tejsav, melynek mennyiségi változásait leggyakrabban vérminták felhasználásával mérik. Fizikai aktivitás során emelkedik a vér tejsav (BL) koncentrációja, majd a terhelés után fokozatosan csökken az értéke (Zagatto és mtsai., 2004). Elsőként Mendez és munkatársai (1976) írtak le szignifikáns kapcsolatot a BL és a nyál tejsav (SL) szintjei között, majd egy másik kutatásban 30 km hosszú futást követően is kapcsolatot találtak a két testfolyadék tejsavsztintje között sportolóknál (Santos és mtsai., 2006). Megfigyelték, hogy a SL szintje jelentősen alacsonyabb, mint a vele egyidőben mért BL koncentráció, mindössze 15 %-a a BL mennyiségének (Segura és mtsai., 1996). A sportolók körében folytatott vizsgálatokban, 400 m lefutása után szignifikáns korrelációt írtak le a maximális SL és BL között (Ohkuwa és mtsai., 1995).

Több vizsgálat alapján feltételezhető, hogy a BL és a SL szintek között időbeli különbség van és további kutatások szükségesek a pontos mechanizmus meghatározására, az időbeliség vizsgálatára. Valószínűsíthető, hogy a BL szintváltozásokat a nyál késve követi (Santos és mtsai., 2006; Reer és mtsai., 2009).

A fizikai aktivitás nagymértékben befolyásolja a vér összetételét is (Sanchis-Gomar és Lippi, 2014). Az edzést követően a markermolekulák biológiai tulajdonságai, az edzés típusa, az intenzitása, az időtartama, a terhelést követő regenerálódás időtartama mind meghatározzák, hogy mikor és mennyi extracelluláris marker kerülhet a vérbe (Lippi és mtsai., 2008). Sanchis-Gomar és Lippi (2014) kutatásai szerint a fizikai aktivitással összefüggő három legfontosabb változás az emberi szervezetben, mely a vér összetételét befolyásolja: a vérplazma térfogatának csökkenése, az alapanyagcsere növekedése és a belső szervekben, szervrendszerekben (főleg a harántcsíkolt izomban) kialakuló mikrosérülések. A jelen disszertációban a vér esetén az edzés hatására, a harántcsíkolt izomban létrejövő mikrosérülésekkel és azok közvetett markereivel foglalkoztunk.

A szokatlan, nagyintenzitású vagy excentrikus kontrakciókat tartalmazó testedzés mikrosérüléseket okoz a harántcsíkolt izomrostokban (Friden és mtsai., 1983; McKune és mtsai., 2012). Ezek a mikrosérülések felhalmozódva ínszalagok sérüléséhez, szakadásához is vezethetnek,

így komolyabb sportsérüléseket okozva (Brockett és mtsai., 2001). A testmozgás során keletkező reaktív oxigén gyökök és az oxidatív stressz is további sérüléseket, gyulladást okozhatnak az izomban és akár más szövetekben is (Brancaccio és mtsai., 2010). A gyulladás fontos szerepet tölt be a sérült izomszövet javításában, regenerálásában (Clarkson és Hubal, 2002).

McKune és munkatársai (2012) leírták, hogy az EIMD-k legfontosabb indirekt mutatói közé tartozik az izom erejének csökkenése, az izomszövetben kialakuló duzzanat, az ízületi mozgásterjedelem csökkenése, a késleltetett izomfájdalom (DOMS) és a testfolyadékokban megjelenő vagy emelkedett koncentrációban jelen lévő markerek.

A vérben számos marker molekula található, amely a harántcsíkolt izom mikrosérülését követően kerül a testfolyadékba, és ezeket használják a mikrosérülések mennyiségének közvetett monitorozására is. Ilyen molekulák a harántcsíkolt izom felépítésében résztvevő fehérjék és azok töredékei (például a miozin nehéz lánc; Sorichter és mtsai., 2001), az enzimek aktivitása (kreatin kináz – CK -, Stäubli és mtsai., 1985; tejsav-dehidrogenáz, Munjal et al., 1983), a mioglobin (Munjal és mtsai., 1983; Speranza és mtsai., 2007) és az aszpartát aminotranszferáz (Van der Meulen és mtsai., 1991; Lippi és mtsai., 2008). Napjainkban újabb, specifikusabb vérmarkereket is alkalmaznak a mikrosérülések közvetett vizsgálatára. Ezek a vázizom típusú-troponin-i (s-troponin-i; Sorichter és mtsai., 1997), a gyorsrost típusú-troponin-i (fs-troponin-i; Chapman és mtsai., 2013) és az α -aktin (Martinez-Amat és mtsai., 2005).

A mikrosérülések vizsgálatára általánosan alkalmazott molekulák specificitása és szenzitivitása problémás, ezért is fontos egyre újabb molekulák vizsgálata, azonosítása. Az orozomukoid, a gelszolin molekulák és a fizikai aktivitás kapcsolatával kevés kutatás foglalkozott eddig. Egy korábbi vizsgálatban Poortmans és Haralambie (1979) kimutatták, hogy 100 km-es futást követően 24 órán át a szérum orozomukoid szintje (AGP) szignifikánsan emelkedett volt a nyugalmi értékhez képest. Egy kerékpár ergométeren végzett teszt után 30 perccel edzetlen személyeknél a plazma gelszolin szint (GSN) esetében csökkenést, sportolók alanyoknál a növekedést írták le. Feltételezték, hogy a fizikai aktivitás befolyásolja a GSN expressziót a harántcsíkolt izomban (Yu és mtsai., 2013). A harántcsíkolt izomban kialakuló mikrosérülések kapcsán a GSN és AGP molekulák szerepe nem tisztázott.

A rendszeres testmozgás hatására az emberi szervezetben számos adaptációs folyamat játszódik le, amelyek különböző mértékben érintik valamennyi szervrendszert. A lehetséges adaptációs folyamatok közül csak néhányat emelnénk ki. Rendszeres fizikai aktivitás hatására megváltozik a test összetétele (zsírtartalom csökkenése, izomtömeg növekedése; Malina, 2007), jobb légzésfunkciós paraméterek (magasabb légzési térfogat és vitálkapacitás; Adegoke és Arogundade, 2002) regisztrálhatóak, és hatékonyabb lesz a szív- és keringési rendszer működése (csökkenő nyugalmi pulzusszám, magasabb maximális pulzusszám, Katch és mtsai., 2011; bal

kamra megnagyobbodása és falának megvastagodása, Fagard és mtsai., 1984), és működésének szabályozása (fokozott paraszimpatikus aktivitás, csökkent szimpatikus hatás) is. Az autonóm idegrendszer szív működésre gyakorolt hatását vizsgálják a szívfrekvencia variabilitás, illetve az R-R távolságkülönbségek változékonyságának (RR- variabilitásnak) elemzésével (Sayers, 1973). Legfontosabb mutatói: a magas frekvencia tartomány (HF; utal a nervus vagus működésére; Perini és Veicsteinas, 2003), az alacsony frekvenciatartományt (LF, a szimpatikus és vagus idegek beidegzése okozza) és a nagyon alacsony frekvenciatartomány (VLF), mely a perifériás vasomotor szabályozás következménye. Nyugalomban a LF/HF arány értéke egy körül mozog, a fizikai aktivitás kezdetén ez az érték növekszik (csökkenő paraszimpatikus, fokozott szimpatikus szabályozás), míg az aktivitást követő megnyugvási időszakban újra csökken az értéke, ami a nyugalomban jellemző paraszimpatikus túlsúly következménye (Apor és mtsai., 2009).

2. Problémafelvetés és célkitűzések

A szakirodalmi eredmények nyomán a következő célkitűzéseket határoztuk meg:

1. Napjainkban több kutatás foglalkozik a SL és a BL szintjével, azok terhelés során bekövetkező változásaival, a közöttük fennálló kapcsolattal főként élsportolók körében (Santos és mtsai., 2006, Reer és mtsai., 2009, Zagatto és mtsai., 2004). A terhelés utáni időszak SL szintjének változásai kevésbé ismertek, mindössze egy kutatásban hasonlították össze két edzéstörvény hatását a testfolyadék tejsavszintjére, azonban a terhelés utáni néhány perc változásait abban sem vizsgálták (Ohkuwa és mtsai., 1995). Ezek alapján célunk volt rendszeresen sportoló, rekreációs szinten sportoló és rendszeresen nem sportoló (inaktív) személyek körében vizsgálni maximális terhelést követően a BL és SL szintjének változását.

2. Számos vizsgálat ismert, amely a BL szintjét befolyásoló tényezőkkel foglalkozik (Borresen és Lambert, 2008), azonban a SL szintjét befolyásoló paraméterek kevésbé ismertek, kiemelten a terhelést követő időszakban. Ezért célkitűzésünk volt vizsgálni a nyál és BL szintjének mennyiségi változásaira ható élettani és biokémiai mutatókat.

3. Excentrikus edzések hatására a harántcsíkolt izomban kialakuló mikrosérülések vizsgálata fontos kutatási területnek számít a teljesítménysportban is, mivel a mikrosérülések felhalmozódása súlyosabb izom szakadásokhoz is vezethet, ugyanakkor a mikrosérülések izomhipertrofizáló hatásúak is (Brockett és mtsai., 2001). A mikrosérülések közvetett vizsgálatára számos vérben jelenlévő molekulát alkalmaznak, azonban többségük nemcsak a harántcsíkolt izmokban jellemző marker, a szenzitivitásuk gyakran nem megfelelő (McKune és mtsai., 2012). Korábbi kutatások különbséget mutattak ki a rendszeresen sportoló és az inaktív személyek között az edzés után mért mikrosérülés mutató vér- és más indirekt markerek szintjében (Vincent és Vincent, 1997; Brancaccio és mtsai., 2007; Karamizrak és mtsai., 1994). Ezek alapján célunk volt két újszerű molekula (GSN, AGP) plazma koncentrációjának mérése és más közvetett mutatók

vizsgálata az excentrikus terhelést követő 24 órában, továbbá elemezni a rendszeresen sportoló és nem sportoló személyek között fennálló különbségeket a két molekula esetében.

4. Az excentrikus edzések hatására kialakuló mikrosérülésnek a vér markereken (CK, mioglobin, laktát dehidrogenáz, troponin-i, aktin stb.) kívül más közvetett mutatói (erő deficit, késleltetett izomfájdalom, duzzanat, mozgásterjedelem csökkenés stb.) is vannak, melyeket széleskörben alkalmaznak a mikrosérülések vizsgálatára (McKune és mtsai., 2012). Jelen kutatásban célunk volt elemezni a vérben lévő markerek (GSN, AGP) és néhány konvencionálisan alkalmazott mutató között fennálló korrelációkat.

3. Anyag és módszer

A vér- és nyálminták tejsavsztintjének vizsgálata

Az előzetes mérések során a rendszeresen sportoló csoportba (SCS; n=13) testnevelés szakos hallgatók tartoztak. Élspportolókat nem tartalmazott a csoport. A későbbi méréseken a minta állóképességi sportoló csoportból (ÁCS; n=8) állt, amelyben nagyrészt közép- és hosszútávfutók voltak, míg a kontroll csoportban (KCS; n=8) rendszeres testedzést nem végező személyek tartoztak.

Az elővizsgálat során a SCS felmérését hajtottuk végre. Ezen a mintán szerzett tapasztalatokat követően bővítettük a vizsgált élettani paraméterek számát, hogy a korábban észlelt eredmények okait pontosabban vizsgálhassuk. Ezen mérések menete megegyezett a későbbi vizsgálatokéval, csupán a test teljes víztartalmával és az RR-variabilitással bővítettük a felmért paraméterek listáját.

A későbbi vizsgálatot antropometriai mérésekkel (testmagasság, testtömeg, testtömeg index – BMI, testösszetétel; Tanita BC-420 MA, Tokió, Japán) kezdtük, majd ezután nyugalomban, ülő testhelyzetben az RR-variabilitást és a nyugalmi pulzusszámot Polar RS-800 pulzusmonitorral (Polar Electro, Kempele, Finnország) regisztráltunk. A monitorozás során a Baynard és munkatársai (2004) alapján leírt módszer szerint jártunk el. Továbbá spirométer (SpiroDoc, MIR Inc., Róma, Olaszország) segítségével légzésfunkciós mérést végeztünk.

A nyálmintákat gyűjtést követően lecentrifugáltuk (4000 rpm, 10 min), a felülúszót -20 °C-on tároltuk a feldolgozásig. Minden gyűjtést követően ujjbegyből vett kapilláris BL koncentrációját mértük automata laktiméterrel (Lactate Scout Analyzer, EKG Senslab, Lipcse, Németország).

Ezt követően a vizsgálati személyek teljesítettek egy maximális Astrand futószalagos terhelést (Astrand és Ryhming, 1954), melynek során és az azt követő 5 percen újból RR-variabilitást és pulzusszámot regisztráltunk. A futószalagos terhelések során folyamatosan nyomonkövettük az alanyok szív működését 12 elvezetéses elektrokardiográf (EKG, Cardiovit AT-60 EKG, Schiller Medical, Wissembourg, Franciaország) használatával, továbbá minden esetben sportorvos felügyelte a terheléseket.

A terhelés után 1, 4, 8, 12, 15 és 20 perccel nyálmintákat gyűjtöttünk, illetve ismét megmértük a BL szintjét. A nyálmintákat centrifugálást követően mélyhűtőben tároltuk, majd egy spektrofotometriás mérési protokoll (Hitachi U-2000 spektrofotométer, Hitachi, Japán; Phypers és Pierce, 2006) segítségével meghatároztuk a tejsav tartalmukat.

Az izommikrosérülések és plazma aktin, gelszolin és orozomukoid szintek vizsgálata

A rendszeresen SCS-ba (n=12) testnevelő szakos hallgatók tartoztak, de egyikük sem volt versenysportoló. A KCS-ba (n=6) rendszeresen nem sportoló egyetemisták közül toboroztunk, akik korábban sem végeztek rendszeres testedzést.

A vizsgálatok antropometriai mérésekkel (testtömeg, testmagasság, BMI, testzsír százalék, zsírtömeg, izomtömeg; Tanita BC-420 MA, Tokió, Japán) kezdődtek. Majd nyugalomban egy intravénás vérvétel következett. A vérvétel után a mintákat lecentrifugáltuk, majd a felülúszó egyik részét előkészítve a gélelektroforézishez, Laemli puffert (Tris-sósav pH 6,8; β -merkaptoetanol, szódium-dodecil-szulfát – SDS -, glicerol) adagoltunk 1:5 arányban, majd forralást követően fagyasztva tároltuk -70°C -on. A másik részt fagyasztás nélkül azonnal mérésekhez használtuk.

Az alanyok bemelegítést követően a domináns alsó végtagjukkal 6 sorozatban 15 maximális, excentrikus musculus quadriceps kontrakciókból álló terhelést hajtottak végre dinamométeren (Multicont II, Mediagnost, Budapest and Mechatronic Kft, Szeged, Magyarország), a sorozatok között 1-1 perces pihenőkkel. A vizsgálati személyek 20° és 80° szöghelyzetben, $60^{\circ}/\text{s}$ állandó szögsebességgel végezték a kontrakciókat (Váczai és mtsai., 2009). Az edzést megelőzően mértük még háromszor 70° -os szöghelyzetben a maximális izometriás forgatónyomaték értékét. Az edzés során a pulzusszám változásait RS-800 pulzusmonitorral (Polar Electro, Kempele, Finnország) regisztráltuk.

A terhelés után azonnal, majd 1, 6 és 24 h-val később további vérvételek következtek. A vérplazmákat a feldolgozást követően -70°C -os mélyhűtőben tároltuk. A plazma aktin, GSN és AGP szinteket Western blott analízissel és azt követő kemilumineszcens technikával mértük. A detektálás során láthatóvá vált foltokat G:BOKSZ Chemi XX6 gél dokumentáló rendszerrel (Syngene) és a mennyiségi analízist a denzitometriás szoftverükkel kiviteleztük.

Minden mintavételi időpontban kapilláris BL szintet is megmértük (Lactate Scout Analyzer, EKG Senslab, Németország), illetve a plazma CK enzimaktivitást egy Cobas Integra 400 Plus automata műszer (Roche Diagnostics, Magyarország) segítségével határoztuk meg. A vizsgálat előtt és 24 h-val utána az alanyok megbecsülték a terhelés alá vont alsó végtagi izmaikban lévő szubjektív izomfájdalom mértékét egy vizuális analóg skálán (Bobbert et al., 1986), továbbá maximális izometriás forgatónyomatékot is mértünk.

Statisztikai elemzések a két vizsgálatban

Az adatok normalitását Kolmogorov-Smirnov teszt segítségével vizsgáltuk. Normál eloszlás esetén a két csoport közötti különbségek meghatározásához egyszempontos varianciaanalízist (ANOVA) használtunk. A két csoport izomfájdalmának vizsgálatára, ahol az eredmények nem voltak normál eloszlásúak, nemparaméteres Man Whitney U-próbát alkalmaztunk. Míg a két csoport vérplazmából mért paramétereinek időbeli változását kétszempontos (csoport * idő) faktoriális ANOVA-val hasonlítottuk össze. Nem találtunk szignifikáns csoport * idő interakciót, ezért ha szignifikáns idő fő hatást észleltünk, egyszempontos faktoriális ANOVA-t és Bonferroni post hoc analízist alkalmaztunk az öt mérési időpont eredményeinek összehasonlítására. Az egyes változók közötti kapcsolatok vizsgálatára a Pearson korrelációs tesztet alkalmaztuk. Az eredmények átlagát és középérték közepes hibáját (SEM) ábrázoltuk. Szignifikánsnak fogadtuk el azt az eredményt, melynél a $p \leq 0,05$.

4. Eredmények

A vér- és nyálminták tejsavsavszintjének vizsgálata

Az elővizsgálat során nyert tapasztalatok tükrében, a későbbi méréseknél a vizsgálati személyek testének teljes víztartalmát is felmértük, illetve kiegészítettük a protokollt további ütemezett vízfogyasztással. Az előzetes mérések során a vizsgálati személyek valamennyien a SCS-ba tartoztak. Az átlagos szomatometriai és testösszetételi adatok alapján elmondható, hogy a minta homogén, szignifikáns különbséget nem találtunk a vizsgált antropometriai mutatók esetében. A terhelést követően a SL szint két mérési időpontban is megemelkedik valamennyi vizsgálati személy esetében. Ezen két emelkedés időbeli bekövetkezése szerint a SCS alanyait két alcsoportra osztottuk. Az 1. alcsoportnál ($n=5$) a terhelés utáni első min-ben emelkedik meg jelentősen a tejsav mennyisége, míg a másik alcsoport ($n=3$) esetében később, a negyedik min-ben tapasztalható növekedés. Egy második tejsavszint emelkedés is észlelhető a két alcsoportnál, amely a két csoport esetében különbözött (1. alcsoportnál 8. perc környékén, 2. alcsoportnál a 12. percnél). A későbbiekben a SL csökken, a 2. alcsoportnál a csökkenés gyorsabban zajlik, szemben az 1. alcsoporttal. A BL szint nem különbözött a vizsgálati személyeknél a mérések során, a görbe lefutása a két alcsoportnál teljesen megegyezett. Az SL alcsoportjai között a fiziológiai mutatók esetében szignifikáns különbséget csak az erőletett kilégzési másodperctérfogatban (FEV1) találtunk.

A későbbi vizsgálatok során az ÁCS és a KCS vizsgálatának eredményeit hasonlítottuk össze. A két csoport között szignifikáns különbséget csak a testzsír százalékban és a sportolással töltött órák számában találtunk, az ÁCS-ban testük zsírtömege alacsonyabb volt, míg ebben a csoportban volt a sportolással töltött órák száma magasabb. Ennél a vizsgálatnál is a BL és SL

szinteket a vita maxima terhelésként alkalmazott Astrand protokollt megelőzően és azt követően mértük. Az ACS esetében, hasonlóan a korábban leírt előeredményekhez, a SL-ben két emelkedést tapasztaltunk a terhelést követő időszakban. Ezen tejsavsztint emelkedés alapján a sportoló alanyokat két csoportba soroltuk (1. csoportban a terhelést követő 1. és 8. percben, 2. csoportban a 4. és a 12. percben). A KCS SL-ben nagy egyéni variabilitást találtunk, szabályos változások nem voltak megfigyelhetőek, az ACS-hoz hasonló mintázat nem található. A BL a terhelést követő mérésnél volt a legmagasabb és utána fokozatosan csökkent mindkét csoportban. A sportolóknál megfigyelhető volt, hogy a terhelés után mért BL alacsonyabb, ugyanakkor több időt is töltöttek a futószalagon. Az ACS utolsó BL szintje jobban megközelítette a nyugalmi értéket, mint a KCS. Maximális terhelést követően a SL és a BL között szignifikáns pozitív korrelációt találtunk az összes alany esetében, igaz az összefüggés a KCS-nál gyengébb volt. Az ACS két csoportja között közel szignifikáns ($p < 0,069$) különbséget találtunk az LF paraméterek esetében, és terhelés utáni LF/HF arány is magasabb volt a terhelést követően. Az ACS és KCS között szignifikáns különbséget találtunk légzésfunkciós- és keringési paraméterek esetében, valamint a szimpatikus-paraszimpatikus tónus egyensúlyában az Astrand teszt előtt, alatt és azt követően is. A mért paraméterek között számos korrelációt találtunk, például az SL egyes koncentrációi és a test teljes víztartalma között, illetve terhelés során mért maximális szívfrekvencia és egyes SL értékek között vagy az átlagos RR interval és SL között.

Az izommikrosérülések és plazma aktin, gelszolin és orozomukoid szintek vizsgálata

A vizsgálatot antropometriai mérésekkel kezdtük, melynek során a két különböző edzettségű csoport (SCS, KCS) általános testösszetételi mutatóit összehasonlítottuk. A két csoport között szignifikáns különbséget találtunk a testzsír százalék és a zsírtömeg adatokban, és a KCS-nál mindkét paraméter esetében magasabb értéket találtunk. A heti sportolással töltött órák számában is jelentősen különbözik az SCS és a KCS, mint az várható volt, a sportolók jelentősen több időt töltenek testedzéssel.

A terhelést megelőzően mért maximális izometriás forgatónyomaték nyugalmi értékében szignifikáns különbséget ($p = 0,037$) találtunk a két vizsgált csoport között. A SCS nagyobb forgatónyomatékot fejtett ki a mérés során (11. táblázat), mint a KCS. A sportoló alanyok szignifikánsan nagyobb munkavégzés mellett, a KCS-tal közel azonos maximális pulzusszámot értek el a terhelés alatt. A csoportok BL szintje egyetlen mérési időpontban sem különbözött jelentősen, azonban a BL maximális értéke mindkét csoportban szignifikánsan különbözött az összes többi mérési időpont eredményétől.

A szubjektív izomfájdalom értékében a két csoport nem különbözött, azonban mindkét csoportban az első méréshez viszonyítva szignifikánsan emelkedett a terhelés után 24 órával az izomfájdalom intenzitása.

A vérplazma mintákból az aktin, GSN, AGP koncentrációját és CK enzimaktivitását mértük nyugalomban, terhelés után azonnal, valamint 1, 6, 24 h-val később, edzett és edzetlen személyeknél. A jelen vizsgálatban nem találtunk szignifikáns csoport * idő interakciót a plazma aktin, GSN, AGP és CK szinteknél. Ezen eredmények alapján feltételezhető, hogy a változások az SCS és KCS-ban hasonlóak voltak. Az időbeliségük vizsgálatakor szignifikáns idő fő hatást észleltünk, mutatva, hogy az egyesített két csoport GSN, AGP és CK szintjei szignifikánsan változtak a mérési időpontok során.

A vizsgált időszakban a plazma aktin koncentrációjában nem találtunk különbséget a két csoport között. A post-hoc analízis alapján a terhelés után azonnal és 1h-val mért aktin szintek jelentős különbséget mutattak a nyugalmi szinthez képest, a terhelést követő többi érték nem különbözött szignifikánsan a nyugalmi szinttől.

A terhelés utáni 24 h belül mért legalacsonyabb GSN szint (MIN) a post-hoc teszt alapján szignifikánsan különbözik a terhelés előtt mért nyugalmi értéktől mindkét csoport esetén.

A terhelés után az összes vizsgálati személy esetében megfigyelhető emelkedés az AGP szintekben. Ez a terhelést követő 24 h-ban eléri maximális értékét (MAX), és a MAX szignifikánsan különbözött a nyugalmi értékétől és a terhelés után 1 h és 6 h-val később mért AGP értékektől is.

A vizsgált személyek plazma CK szintje fokozatosan emelkedett a terhelés után, a nyugalmi értékéhez képest és az edzés után egy nappal elérte a maximális értékét. A post-hoc analízis alapján szignifikáns különbség van a nyugalmi és edzés utáni 24 h eredmények között.

Az egyes változók közötti kapcsolatok vizsgálatakor az összes vizsgálati személy eredményeit közösen kezeltük és az összefüggéseket a plazma aktin, GSN, AGP és a többi konvencionális mikrosérülés marker (szubjektív izomfájdalom, CK, erő deficit) között elemeztük minden mérési időpontban, illetve a MAX és MIN értékek figyelembe vételével. Ezek közül a legfontosabbakat emeljük ki. Az edzés után 6 h-val mért CK szint szignifikáns összefüggést mutatott a terhelés után azonnal, 6, 24 h-val mért GSN koncentrációkkal és MIN-nel. Jelentős kapcsolatot találtunk a terhelés után 24 h-val mért izomfájdalom intenzitás és a MIN GSN között. A két izomfájdalom mérés különbsége szignifikánsan összefügg a GSN MIN és a terhelés után 24 h-val regisztrált plazma AGP szinttel. Pearson korrelációs analízissel nem találtunk kapcsolatot a plazmában mért aktin és GSN koncentrációk között. A nyugalomban mért GSN szint kapcsolatban van a testedzést követően azonnal és 1 h-val a terhelés után mért AGP szintekkel. A terhelés során elvégzett munka és a 6, 24 h-s MIN GSN koncentrációk között erős kapcsolatot találtunk.

5. Megbeszélés

A rendszeres fizikai aktivitás hatására a szervezet működésében változások következnek be, melyek észlelhetőek mind a szervek szintjén, mind a testfolyadékokban molekuláris szinten is. A

szervek- és szervrendszerek fiziológiás adaptációinak egy része, melyeket a dolgozatban is tárgyaltunk, a szakirodalomban már jól ismertek.

A rendszeresen sportoló személyek testösszetétele optimálisabb inaktívabb társaihoz képest, alacsonyabb testzsírszázalékkal, BMI-vel rendelkeznek, és a szervezetük teljes víztartalma is nagyobb. A légzőszervrendszer funkcióját vizsgáló tesztben magasabb FEV1 és 25-75 értéket értek el, ezzel is utalva a légzőizmok hatékonyabb működésére. A sportolóknál a terhelés során mért minimális pulzusszámban és a pulzusmegnyugvás értékekben kedvezőbb eredményeket regisztráltunk, amelyek feltételezhetően az autonóm idegrendszeri alkalmazkodás és a cardiovascularis adaptáció együttes következményei lehetnek. Ugyancsak az idegrendszeri adaptáció következményei az aktívabb csoportoknál észlelt szignifikánsan nagyobb RR-variabilitás értékek. Az ACS-nál és SCS-nál tapasztalt adaptációk következményeként, kedvezőbb fiziológiás mutatók mellett, jelentősen nagyobb fizikális teljesítményt, munkavégzést mértünk, szemben a mozgásszegény életet élő személyekkel.

A korábbi kutatásokkal egybehangzóan, excentrikus edzés hatására a plazma CK enzimaktivitása 24 h-val az edzés után, míg AGP szint az első 24 h során érte el a maximális értékét. Feltételezhetően mindkét molekula kapcsolatot mutat az EIMD-vel és a későbbi gyulladáshoz vezető folyamattal.

Számos új eredményt is kaptunk vizsgálataink során, melyeket a következő pontokban foglalhatunk össze:

1. Elsőként vizsgáltuk és figyeltük meg, hogy a rendszeresen sportoló és inaktív személyeknél a maximális terhelés utáni SL szintváltozások jelentősen különböznek egymástól. Az ACS esetében a SL-ben két emelkedést tapasztaltunk a terhelést követő időszakban, míg a KCS SL-ben nagy egyéni variabilitást találtunk, szabályos változások nem voltak megfigyelhetőek, az ACS-hoz hasonló mintázat nem található. Feltételezzük, hogy az általunk felmért, a két csoport között fennálló fiziológiai különbségek (idegrendszer és szív- és keringési rendszer működésében bekövetkező adaptáció, víztartalomban különbség) befolyásolják a SL-t, és részben magyarázzák annak különbségeit maximális terhelést követően.

2. Elsőként írtuk le, hogy az ACS-ban a terhelés utáni időszakban a vérben észlelt változások a nyálban késleltetve jelennek meg, SL szintben két emelkedést tapasztaltunk a terhelést követően, és ezek alapján az ACS további két csoportba osztható. Az 1. csoportban a terhelést követő 1. és 8. percben, míg a 2. csoport esetében 3 perccel később, a 4. és a 12. percben figyelhető meg a SL nyugalmi szinthez viszonyított növekedése. A két csoport között csak a szívfrekvencia variabilitás értékében találtunk különbséget. A 2. csoportban mind nyugalomban, mind a terhelés során, mind azt követően egy fokozottabb szimpatikus tónus jellemző, amely együttjár a lassabb nyál szekrécióval. Ezen folyamat következménye, hogy az említett csoportnál a tejsav lassabban

kerül a vérből a nyálba. Az erősebb szimpatikus tónus nagy versenyhelyzetekben nagy jelentőségű lehet, versenyek előtt sportágspecifikusan előnyös, vagy éppen hátrányos is lehet a túl nagy szimpatikus tónus. A felkészülési időszakban a SL szintjének mérése a sportoló fizikai felkészítése mellett a pszichés felkészülésnél is mérvadó lehet.

3. Vizsgálataink során elsőként azonosítottunk több, a terhelés után mért SL-re ható fiziológiai paramétert. A legfontosabbak között említve a test teljes víztartalmát, a terhelés során mért maximális szívfrekvenciát, illetve a teszt során mért szívverések számát és terhelés során mért átlagos RR értéket.

4. Újszerű eredmény, hogy excentrikus edzést követően a SCS és a KCS között nem találtunk különbséget sem a mikrosérülések vérplazma markereiben, sem más EIMD mutatókban (CK, DOMS, erődeficit), szemben a korábbi kutatásokkal. A korábbi publikációkban felmért SCS és KCS erőprofilja kedvezőbb volt, mint a jelen kutatásban, miközben mindkét vizsgálatban (jelenlegi, korábbi) a csoportok közötti erőkülönbség közel azonos volt. Ezek alapján feltételezhető, hogy az edzettségi állapot, az adaptáció mértéke befolyásolja az EIMD markerek mennyiségi változását excentrikus edzést követően.

5. Elsőként állapítottuk meg, hogy a plazma GSN mennyisége az excentrikus terhelést követő 24 órában csökkent, miközben az aktin koncentráció nem változott jelentősen. Az aktin és GSN mennyiségek, azok változásai között nem találtunk kapcsolatot, míg más EIMD markerek (CK, szubjektív izomfájdalom) összefüggést mutattak az edzés utáni GSN szintekkel. Feltételeztük, hogy a GSN mennyiségét befolyásolja a fizikai aktivitás során kialakuló mikrosérülések mértéke, továbbá az egészséges személyekben a plazma GSN változása nem aktin függő.

6. Felhasznált irodalom

- Adegoke OA, Arogundade O. (2002) The effect of chronic exercise on lung function and basal metabolic rate in some Nigerian athletes. *Afr J Biomed Res* 5: 9-11.
- Apor P, Petrekanich M, Szamadó J. (2009) Heart rate variability analysis in sports. *Orv Hetil* 150(18): 847-853.
- Astrand PO, Ryhming I. (1954) A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rates during submaximal work. *J Appl Physiol* 7: 218-222.
- Bobbert MF, Hollander AP, Huijing PA. (1986) Factors in delayed onset muscle soreness of man. *Med Sci Sports Exerc* 18: 75-81.
- Borresen J, Lambert MI. (2008) Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int J Sports Physiol Perform* 3: 16-30.
- Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. (2007) Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bul* 81,82: 209-230.
- Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. (2010) Biochemical markers of muscular damage. *Clin Chem Lab Med* 48(6): 757-767.
- Brockett CL, Morgan DL, Proske U. (2001) Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc* 33: 783-790.
- Chapman DW, Simpson JA, Iscoe S, Robins T, Nosaka K. (2013) Changes in serum fast and slow skeletal troponin I concentration following maximal eccentric contractions. *J Sci Med Sport* 16(1): 82-85.

- Chicharro JL, Lucía A, Pérez M, Vaquero AF, Urena R. (1998) Saliva Composition and Exercise. *Sports Med* 26(1): 17-27.
- Clarkson PM, Hubal MJ. (2002) Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil* 81(11 Suppl): S52-69.
- Fagard R, Aubert A, Staessen J, Eynde EV, Vanhees L, Amery A. (1984) Cardiac structure and function in cyclists and runners: comparative echocardiographic study. *Br Heart J* 52(2): 124-129.
- Friden J, Sjostrom M, Ekblom B. (1983) Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *Int J Sports Med* 4: 170-176.
- Karamizrak SO, Ergen E, Tore IR, Akgun N. (1994) Changes in serum creatine kinase, lactate dehydrogenase and aldolase activities following supramaximal exercise in athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 34: 141-146.
- Katch VL, McArdle WD, Katch FI. (2011) *Essentials of exercise physiology*. Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business; Philadelphia, USA
- Lippi G, Schena F, Montagnana M, Salvagno GL, Guidi GC. (2008) Influence of acute physical exercise on emerging muscular biomarkers. *Clin Chem Lab Med* 46: 1313-1318.
- Malina RM (2007) Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. *Clin Sports Med* 26(1): 37-68.
- Martinez-Amat A, Boulaiz H, Prados J, Marchal J, Puche PP, Caba O, Rodriguez-Serrano F, Aranega A. (2005) Release of α -actin into serum after skeletal muscle damage. *Br J Sports Med* 39: 830-834.
- McKune AJ, Semple SJ, Peters-Futre EM. (2012) Acute exercise-induced muscle injury. *Biol Sport* 29: 3-10.
- Mendez J, Franklin B, Kollias J. (1976) Relationship of blood and saliva lactate and pyruvate concentrations. *Biomedicine* 25: 313-314.
- Munjal DD, McFadden JA, Matrix PA, Coffman KD, Cattaneo SM. (1983) Changes in serum myoglobin, total creatine kinase, lactate dehydrogenase and creatine kinase MB levels in runners. *Clin Biochem* 16(3): 195-199.
- Ohkuwa T, Itoh H, Yamazaki Y, Sato Y. (1995) Salivary and blood lactate after supramaximal exercise in sprinters and long-distance runners. *Scand J Med Sci Sports* 5: 285-290.
- Perini R, Veicsteinas A. (2003) Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol* 90: 317-325.
- Phypers B, Pierce JMT. (2006) Lactate physiology in health and disease. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain* 6(3): 128-132.
- Poortmans JR, Haralambie G. (1979) Biochemical changes in a 100 km run: proteins in serum and urine. *Eur J Appl Physiol* 40: 245-254.
- Reer R, Semerak P, Ziegler M, Schmidt T, Loppow D, von Duvillard SP, Braumann KM. (2009) Comparison of blood vs saliva lactate measurements resulting from lactate minimum vs constant load tests. *Med Sci Sports Exerc* 41: 258.
- Rundle A. (2005) Molecular epidemiology of physical activity and cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 14(1): 227-236.
- Sanchis-Gomar F, Lippi G. (2014) Physical activity- an important preanalytical variable. *Biochem Med (Zagreb)* 24(1): 68-79.
- Santos RVT, Almeida ALR, Caperuto EC, Martins JrE., Costa Rosa LFBP. (2006) Effects of a 30-km race upon salivary lactate correlation with blood lactate. *Comp Biochem Phys* 145: 114-117.
- Sampson DL, Broadbent JA, Parker AW, Upton Z, Parker TJ. (2014) Urinary biomarkers of physical activity: candidates and clinical utility. *Expert Rev Proteomics* 11(1): 91-106.
- Sayers B. (1973) Analysis of heart rate variability. *Ergonomics* 16: 17-32.
- Segura R, Javierre C, Ventura JLL, Lizarraga MA, Campos B, Garrido E. (1996) A new approach to the assessment of anaerobic metabolism: measurement of lactate in saliva. *Br J Sports Med* 30: 305-309.

- Sorichter S, Mair J, Koller A, Gebert W, Rama D, Calzolari C, Artner-Dworzak E, Puschendorf B. (1997) Skeletal troponin I as a marker of exercise-induced muscle damage. *J Appl Physiol* 83(4): 1076–1082.
- Sorichter S, Mair J, Koller A, Müller E, Kremser C, Judmaier W, Haid C, Calzolari C, Puschendorf B. (2001) Creatine kinase, myosin heavy chains and magnetic resonance imaging after eccentric exercise. *J Sports Sci* 19(9): 687-691.
- Speranza L, Grilli A, Patruno A, Franceschelli S, Felzani G, Pesce M, Vinciguerra I, De Lutiis MA, Felaco M. (2007) Plasmatic markers of muscular stress in isokinetic exercise. *J Biol Regul Homeost Agents*, 21(1-2): 21-29.
- Stäubli M, Roessler B, Köchli HP, Peheim E, Straub PW. (1985) Creatine kinase and creatine kinase MB in endurance runners and in patients with myocardial infarction. *Eur J Appl Physiol* 54(1): 40-45.
- Vácz M, Costa A, Rácz L, Tihanyi J. (2009) Effects of consecutive eccentric training at different range of motion on muscle damage and recovery. *Acta Physiol Hung* 96(4): 459–468.
- Van der Meulen JH, Kuipers H, Drukker J. (1991) Relationship between exercise-induced muscle damage and enzyme release in rats. *J Appl Physiol* 71(3): 999-1004.
- Vincent HK, Vincent KR. (1997) The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise. *Int J Sports Med* 18: 431-437.
- Yu CC, Zendzian-Piotrowska M, Charnas M, Dlugolecka B, Baranowski M, Górski J, Bucki R. (2013) Change in blood gelsolin concentration in response to physical exercise. *Biol Sport* 30: 169-172.
- Zagatto AM, Papoti M, Caputo F, de Castro Mendes O, Denada BS, Baldissera V, Gobatto CA. (2004) Comparison between the use of saliva and blood for the minimum lactate determination in arm ergometer and cycle ergometer in table tennis players. *Rev Bras Med Esporte* 10: 481-486.

Publikációk

I. A disszertáció alapjául szolgáló publikációk

- Tékus É.** Plasma actin, gelsolin and orosomucoid levels after eccentric exercise. *J Hum Kinet* **Elfogadás alatt. IF: 1,029**
- Tékus É,** Kaj M, Szabó E, Szénási NL, Kerepesi I, Figler M, Gábrriel R, Wilhelm M. (2012) Comparison of blood and saliva lactate level after maximum intensity exercise. *Acta Biol Hung* 63(Suppl 1.): 89-98. **IF: 0,593**
- Kaj M, **Tékus É,** Juhász I, Stomp K, Wilhelm M. (2015) Changes in physical fitness of Hungarian college students in the last fifteen years. *Acta Biol Hung* 66(3): 270-281. **IF:0,589**
- Vaczi M, **Tekus E,** Kaj M, Koszegi T, Ambrus M, Tollar J, Atlasz T, Szabadfi K, Karsai I. (2013) Changes in metabolic and muscle damage indicators following a single bout of jump training on stair versus at level. *Acta Physiol Hung* 100(4): 445-456. **IF: 0,882**
- Tékus É,** Kaj M, Kerepesi I, Wilhelm M. (2012) Különböző edzettségű csoportok maximális terhelést követő nyál- és vér tejsavszintjének vizsgálata = Analysis of blood and salivary lactate concentration of groups with different fitness level after maximal intensity exercise. *Egészség-Akadémia* 3(2):147-153.

II. Az értekezés témájához kapcsolódó konferencia előadások és poszterek

- Tékus É,** Horváth-Szalai Z, Ludány A, Kőszegi T, Wilhelm M. (2015) Edzés hatására létrejövő mikrosérülések és a plazma aktin, gelsolin, orozomukoid koncentrációja. *XII. Országos Sporttudományi Kongresszus*. Eger, Magyarország
- Tékus É,** Vácz M, Horváth-Szalai Z, Ludány A, Kőszegi T, Wilhelm M. (2014) Plasma actin, gelsolin levels and exercise induced skeletal muscle damage. *Compass to health: 1st International Conference on Leisure, Recreation and Tourism Conference*. Harkány, Magyarország

- Tekus E**, Vaczi M, Cselko A, Pinter G, Koszegi T, Wilhelm M. (2014) The effect of exercise on blood plasma markers of skeletal muscle injuries. *Joint meeting of the Federation of European Physiological Societies (FEPS) and the Hungarian Physiological Society*. Budapest, Magyarország
- Tékus É**, Váczi M, Cselkó A, Pintér G, Kaj M, Figler M, Kőszegi T, Wilhelm M. (2013) A gelszolin mennyiségének vizsgálata excentrikus terhelést követően. *A Magyar Élettani, Farmakológiai és Mikrocirkulációs Társaságok 2013. évi közös Tudományos Kongresszusa*. Budapest, Magyarország
- Tékus É**, Váczi M, Cselkó A, Pintér G, Kaj M, Kőszegi T, Wilhelm M. (2013) Edzés indukálta mikrosérülések vizsgálata vérplazma markerek segítségével. *Fiatal Sporttudósok I. Országos Konferenciája*. Szombathely, Magyarország
- Tekus E**, Kaj M, Szabo E, Szenasi NL, Kerepesi I, Figler M, Gabriel R, Wilhelm M. (2012) The effect of the sympathetic nervous system and dehydration on salivary lactate concentration. *1st International Doctoral Workshop on Natural Sciences*. Pécs, Magyarország
- Tékus É**. (2012) Salivary lactate influencing factors: effects of the sympathetic nervous system and dehydration during physical activity. *20th International Congress on Sports Sciences for Students*. Budapest, Magyarország
- Tékus É**, Kaj M, Fodróczy E, Kerepesi I, Wilhelm M. (2011) A tejsavszint változása vér- és nyálmintákban terhelést követően. *Magyar Farmakológiai, Anatómus, Mikrocirkulációs és Élettani (FAMÉ) társaságok 2011. évi közös tudományos konferenciája*. Pécs, Magyarország

III. Egyéb tudományos közlemények

- Váczi M., **Tékus É.**, Atlasz T., Cselkó ., Pintér G., Balatincz D., Kaj M., Wilhelm M. (2016) Ballroom dancing is more intensive for the female partners due to their unique hold technique. *Physiology International* **Elfogadva. IF: 0,814**
- Tékus É.** (2015) Modern eljárások a diagnosztikában: Mutasd meg a nyálad, megmondom ki vagy! *Élet és tudomány* 70(27): 841-843.
- Németh J, Schulteisz N, **Tékus É**, Wilhelm M. (2014) Szociális otthonban élő idősek egészséggel kapcsolatos fittsége. *Népegészségügy* 92(1): 26-34.
- Cselkó A, László Z, **Tékus É**, Wilhelm M. (2013) Anthropometric and cardiovascular characteristics of young elite male handball players according to playing positions. *Exercise and Quality of Life. Journal of Science in Sports* 5(1): 31-41.
- Kaj M, Németh J, **Tékus É**, Wilhelm M (2013) Physique, body composition and physical fitness of Finish, Hungarian and American adolescents. *Exercise and Quality of Life. Journal of Science in Sports* 5(1): 19-29.
- Bobály V, **Tékus É**, Kaj M, Váczi M. (2013) Testösszetétel, erő, egyensúly és hajlékonyság vizsgálata modern- és néptáncos nőknél. *Tánc tudományi közlemények: a magyar Táncművészei Főiskola tudományos folyóirata* 5(1): 18-26.
- Tékus É**, Szanka K, Kaj M, Atlasz T, Wilhelm M. (2013) Az elhízás hatása falvakban és városban élő 11-15 éves tanulók testösszetételére, fizikai teljesítőképességére és alapvető élettani paramétereire. *Magyar Sporttudományi Szemle* 14(56): 37.
- Pintér G, **Tékus É**, Kaj M, Váczi M, Wilhelm M, ifj. Gallyas F. (2012) A B-alanin és a rendszeres edzés együttes hatásának vizsgálata dohányzó- és nem dohányzó személyeken = Examination of the combined Effect of B-alanine and Regular Exercise with Smoking and Non-Smoking Subjects. *Egészség Akadémia* 3(3): 185-193.

IV. Egyéb konferencia előadások és poszterek

- Cselkó A, **Tékus É**, Szabó E, Schuth G, Kőszegi T, Wilhelm M. (2015) 8 hetes edzés hatása prepubertás korú kézilabdázók teljesítményére és hormonális állapotára. *XII. Országos Sporttudományi Kongresszus*. Eger, Magyarország
- Szabó E, Szénasi NL, Gazdag Z, Heckel Z, Váczi M, Wilhelm M, **Tékus É**. (2015) Antioxidáns folyamatok vizsgálata időskorban. *XII. Országos Sporttudományi Kongresszus*. Eger, Magyarország

- Cselkó A, **Tékus É**, Váczi M, Schuth G, Kőszegi T, Pintér G, Wilhelm M. (2014) Hormonal changes among prepubertal female handball players after aerobic training. *Compass to health: 1st International Conference on Leisure, Recreation and Tourism Conference*. Harkány, Magyarország
- Vaczi M, **Tékus E**, Atlasz T, Cselko A, Pinter G, Balatincz D, Kaj M, Wilhelm M. (2014) Ballroom Dancing: Recreation or Performance Sport? *Compass to health: 1st International Conference on Leisure, Recreation and Tourism Conference*. Harkány, Magyarország
- Ambrus M, Falvay P, **Tékus E**, Atlasz T, Cselko A, Pinter G, Wilhelm M, Vaczi M. (2014) Stair-Climb Exercise Training For The Development Of Cardiovascular and Muscular Fitness In Overweigh Women. *Compass to health: 1st International Conference on Leisure, Recreation and Tourism Conference*. Harkány, Magyarország
- Heckel Z, Atlasz T, **Tékus É**, Kőszegi T, Laczkó J, Váczi M. (2014) Mikrosérülés markerek és adaptáció monitorozása egy kéthetes erőfejlesztő mikrociklusban idős és fiatal embereknél. *XI. Országos Sporttudományi Kongresszus*. Debrecen, Magyarország
- Cselko A, **Tékus E**, Vaczi M, Schuth G, Koszegi T, Wilhelm M. (2014) The effect of aerobic training on performance and hormonal changes among prepubertal female handball players. *Joint meeting of the Federation of European Physiological Societies (FEPS) and the Hungarian Physiological Society*. Budapest, Magyarország
- Cselkó A, **Tékus É**, Schuth G, Wilhelm M. (2013) Utánpótláskorú leány kézilabdázók állóképességének változása edzés és spontán fejlődés hatására. *43. Mozgásbiológiai konferencia*. Budapest, Magyarország
- Cselkó A, **Tékus É**, Schuth G, Váczi M, Wilhelm M. (2013) Antropometriai és spiroergometriai jellemzők vizsgálata utánpótláskorú leány kézilabdázóknál. *Fiatal Sporttudósok I. Országos Konferenciája*. Szombathely, Magyarország.
- Pintér G, **Tékus É**, Kaj M, Váczi M, Hegyhát-Végyvári Á, Wilhelm M, Ifj. Gallyas F. (2013) Enzimaktivitás és fizikális paraméterváltozások, dohányzó és nem dohányzó fiatalokon, béta-alanin kiegészítést követően. *Fiatal Sporttudósok I. Országos Konferenciája*. Szombathely, Magyarország.
- Pintér G, **Tékus É**, Kaj M, Váczi M, Wilhelm M, Ifj. Gallyas F. (2013) Dohányzó és nem dohányzó fiatalok terheléseltani paraméterváltozásai β -alanin kiegészítést követően. *A Magyar Élettani, Farmakológiai és Mikrocirkulációs Társaságok 2013. évi közös Tudományos Kongresszusa*. Budapest, Magyarország
- Wilhelm M, Kaj M, **Tékus É**, Németh J, Schulteisz N, Szanka K, Berki T. (2013) Az idősek egészséggel kapcsolatos fittsége Magyarországon. *A Magyar Élettani, Farmakológiai és Mikrocirkulációs Társaságok 2013. évi közös Tudományos Kongresszusa*. Budapest, Magyarország
- Kaj M, **Tékus E**, Juhasz I, Stomp K, Wilhelm M. (2012) Immobility Stress - How has the health-related fitness status changed in the Hungarian young adults in the last decades? *1st International Doctoral Workshop on Natural Sciences*. Pécs, Magyarország
- Pintér G, **Tékus É**, Kaj M, Váczi M, Wilhelm M, Jr Gallyas F. (2012) The effect of β -Alanine in smoker and non-smoker university students. *János Szentágothai Memorial Conference and Student Competition*. Pécs, Magyarország
- Váczi M, **Tékus É**, Kaj M, Kőszegi T, Ambrus M, Tollár J, Atlasz T, Karsai I, Szabadfi K. (2012) Mikrosérülést jelző és metabolikus markerek akut változása intenzív lépcsőedzés után. *IX. Országos Sporttudományi Kongresszus*. Szeged, Magyarország
- Wilhelm M, **Tékus E**, Kaj M, Schulteisz N, Krucso J. (2011) The health and fitness of Hungarian females between the age of 20 and 65 years. *2nd International Scientific Conference Exercise and Quality of Life*. Novi Sad, Szerbia
- Váczi M, **Tékus É**, Kaj M, Kőszegi T, Ambrus M, Tollár J, Atlasz T, Karsai I, Szabadfi K. (2011) Nagy intenzitású lépcsőn végrehajtott edzés akut izommechanikai és élettani hatása. *Magyar Farmakológiai Anatómus Mikrocirkulációs Élettani Társaságok Közös Tudományos Konferenciája*. Pécs, Magyarország

Atlasz T, **Tékus E**, Krucso J, Balasko M, Soos S, Forro Z, Szabadfi K, Wilhelm M. (2010) Comparison of healthy adult and COPD female population in Hungary by spirometric analysis. *15th Annual Congress of the European College of Sport Science*. Antalya, Törökország
Kállai V, Vecsei Zs, **Tékus É**, Wilhelm M. (2010) Thalamic Mast Cell Number and their Distribution in Female Rats. *IBRO International Workshop*. Pécs, Magyarország

V. Könyvfejezet

Tékus É. (2015) Antropometriai mérések. In: Tékus É, Meszler B, Váczi M.: Motorikus képességek mérése. (ebook) Pécs, *Pécsi Tudományegyetem TTK* (ISBN:978-963-642-650-7)
Tékus É. (2015) Az állóképesség mérése. In: Tékus É, Meszler B, Váczi M.: Motorikus képességek mérése. (ebook) Pécs, *Pécsi Tudományegyetem TTK* (ISBN:978-963-642-650-7)
Tékus É. (2015) Az ízületi mozgékonyág mérése. In: Tékus É, Meszler B, Váczi M.: Motorikus képességek mérése. (ebook) Pécs, *Pécsi Tudományegyetem TTK* (ISBN:978-963-642-650-7)
Tékus É. (2015) A légzés sejtszintű alapjai. In: Józsa R, Atlasz T, Tékus É, Wilhelm M.: A terhelésélettan alapjai I. (ebook) Pécs, *PTE TTK Sporttudományi és Testnevelési Intézet* (ISBN:978-963-642-815-0)

Összes publikáció kumulatív impakt faktora: 2,878

A disszertáció alapjául szolgáló publikációk impakt faktora: 2,064

Összes citáció: 7

Összes független citáció: 7