

A szív edzésadaptációja a sportágak
dinamikus-statikus beosztásának
függvényében, valamint az edzesciklusok
hatása a kardiális adaptációra

Doktori tézisek

Dr. Csajági Eszter

Testnevelési Egyetem
Sporttudományok Doktori Iskola



Témavezető: Dr. Pavlik Gábor, DSc, professor emeritus
Hivatalos bírálók: Dr. Szekeres Mária PhD, egyetemi docens
Dr. Szelid Zsolt PhD, egyetemi adjunktus
Szigorlati bizottság elnöke: Dr. Istvánfi Csaba, CSc, professor
emeritus
Szigorlati bizottság tagjai: Dr. Apor Péter PhD, egyetemi tanár
Dr. Zima Endre PhD, egyetemi
adjunktus

Budapest, 2016

I. Bevezetés

A hosszú távú, rendszeres fizikai aktivitás pozitív hatásai igen széles körben ismertek és egyre nagyobb hangsúlyt kapnak, nemcsak a sportsikerek magas társadalmi presztízse, hanem a különböző szervrendszerek megbetegedéseiben bizonyítottan preventív hatásuk miatt is. Ugyanakkor a sport, különösen az élsport hatásai nem csak pozitívak lehetnek. Veleszületett vagy szerzett kardiovaszkuláris betegségek esetén a sport hirtelen halál oki tényezője is lehet. Különösen fontos ezért a fiziológiás kardiovaszkuláris adaptáció jeleinek ismerete, ezek elkülönítése az esetleges patológiás elváltozásoktól.

A dolgozatban részletesen ismertetésre kerül a szív edzésadaptációja a morfológiai, funkcionális és regulációs jellegzetességek beosztást alkalmazva munkacsoportunk hagyományainak megfelelően. Ezután az adaptációt befolyásoló tényezők közül a nem, az életkor, az etnikum, a fizikai aktivitás szintje, valamint legrészletesebben a dolgozat lényegét képező sportág típusának hatása kerül bemutatásra. Az értekezésben a sportágakat Mitchell és mtsai beosztását alkalmazva a dinamikus és statikus komponens szerint csoportosítjuk, amely csoportosítás képezi a sportok engedélyezésének és tiltásának alapját kardiovaszkuláris betegségek esetén is.

Vizsgáltuk továbbá az edzésciklusok hatását a kardiovaszkuláris edzésadaptációra fiatal élvonalbeli sportolók esetében.

II. Célkitűzés

Az értekezésben a következő célokat tűztem ki:

- A sportágat jellemző kardiális edzésadaptáció leírása a sportágak dinamikus-statisztikus komponensei alapján történő csoportosítást alkalmazva mind a négy szívüreg esetén.
- A különböző kategóriákban az edzésadaptáció jellegének bemutatása.
- Ennek segítségével az amerikai és az európai ajánlásokban megfogalmazott ajánlások objektíven meghatározott paraméterekkel történő alátámasztása az egyes sportágak ajánlhatóságát illetően kardiovaszkuláris betegség esetén.
- Az edzésadaptáció leírása kategóriánként regressziós egyenletek segítségével, ami mind a morfológiai, funkcionális és regulációs paramétereket figyelembe veszi, és különbséget tesz az adott kategóriák (IA-IIIC) között.
- Az edzésciklusok hatásának bemutatása a kardiális edzésadaptációt jellemző paraméterekre. Ezen paraméterek vizsgálatára, a feltételezhetően kifejezettebb különbségek miatt, fiatal korú sportolókat vizsgáltunk.

III. Módszerek

Vizsgálati személyek

Vizsgálataimba a 2011. szeptember 1. és 2014. május 31. közötti időszakban a Testnevelési Egyetem Egészségtudományi és Sportorvosi Tanszékén megjelent kizárólag 18-35 éves, egészséges,

válogatott férfi élsportolók kerültek prospektív bevonásra. A közel 3 éves periódus alatt összesen 544, 18-35 éves férfi: 424 sportoló és 120 nem sportoló egészséges kontroll személy. A sportolókat sportáguk szerint Mitchell és mtsai alapján osztottuk kilenc csoportba, a sportágak dinamikus és statikus komponenseit figyelembe véve.

1. táblázat - A sportolói csoportok elemszámai

| A sportolói csoportok elemszámai | | | | | |
|---|-----------|---------------------------|-----------|-----------|----------|
| Dinamikus komponens | | Statikus komponens | | | Összesen |
| | | S1 | S2 | S3 | |
| | D1 | 4 | 2 | 88 | 94 |
| | D2 | 6 | 21 | 23 | 50 |
| D3 | 90 | 70 | 120 | 280 | |
| | Összesen | 100 | 93 | 231 | 424 |

A dolgozat második célkitűzésének megválaszolására 15 válogatott fiatal úszót (13-15 év) valamint korban és nemben egyező nem sportoló 15 kontroll gyereket vontunk be. A sportolók mindannyian ugyanannak az egyesületnek az első osztályú versenyzői voltak, legalább 4 éve ugyanabban az egyesületben edzettek versenyszerűen, a heti átlagos edzésóraszám 20 óra/hét felett volt. Az obszervációs periódus másfél év volt, mely során hat mérést végeztünk az edzés mikro- és makrociklusainak figyelembevételével: kiindulási érték (S), 1. Alapozó fázis (GP1), 1. Versenyperiódus (RP1), Edzéskihagyás (DT), 2. Alapozó fázis (GP2), 2. Versenyperiódus (RP2). Az első és ötödik mérés alkalmával a sportolók adatait egészséges, nem sportoló, kontroll gyermekek adataihoz hasonlítottuk.

Vizsgálati módszerek

A vizsgálatok menete a következő volt:

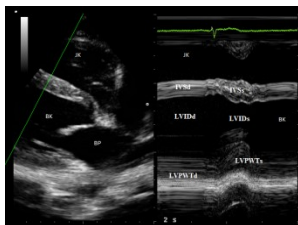
2. táblázat - A vizsgálatok menete

| A vizsgálatok menete |
|--|
| Sportorvosi vizsgálati kérdőív: anamnézis, sport, családi anamnézis |
| Fizikális vizsgálat (AHA 12 pont) + manuális vérnyomásmérés |
| 12 elvezetési EKG |
| Echokardiográfia: Philips HD15 készülék |
| Statistikai analízis: Statistica for Windows 12.0 |

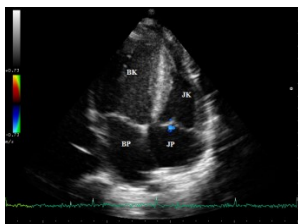
Az *echokardiográfias* vizsgálatot az Amerikai Echokardiográfias Társaság ajánlásainak megfelelően végeztük. A kiértékelés off-line módon történt, legalább három mérés átlagából. A *statistikai analízishez* Statistica for Windows 12.0 szoftvert alkalmaztunk. A paraméterek normalitását Shapiro-Wilks teszttel vizsgáltuk. A normális eloszlású változók esetében ANOVA módszert, a nem normális eloszlású változók esetén Kruskal-Wallis tesztet alkalmaztunk. A második kérdés megválaszolásához Wilcoxon-tesztet, a sportolók eredményeinek összehasonlításához pedig ismétléses és Friedmann ANOVA módszert használtunk. Az első fajú hiba határa 5% volt

Az echokardiográfia során mért és számított paraméterek a következők voltak: morfológiai edzésadaptáció: falvastagságok, kamrai és pitvari belső átmérők, a bal kamrai izomtömeg (LVMM), muszkuláris kvóciens, kamrai volumenek. A relatív (rel) értékek a testfelület megfelelő hatványára vonatkoztatott értékek, míg az index (I) értékek a testfelületre vonatkoztatott értékek. Számítottuk az

izomhányadost (MQ) a végdiasztolés (EDV) és végszisztolés volument (ESV).

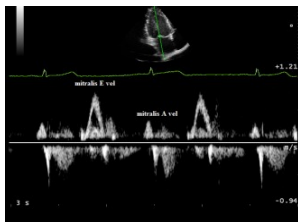


1. ábra - 2D és M-Mód BK parasternális hosszmetset

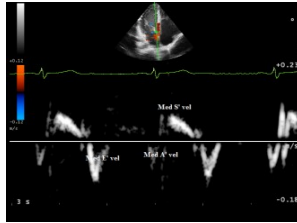


2. ábra - 2D 4-üregű csúcsi felvétel

A funkcionális edzésadaptációt a pulzatis Dopplerrel meghatározott beáramlási görbék, valamint a szöveti Dopplerrel mért sebességekkel és ezek arányával jellemeztük. A szisztolés JK funkciót továbbá a TAPSE, a BK funkciót pedig az EF, VCF, CO és FS értékeivel.



3. ábra - Mitrális beáramlási görbe



4. ábra - TDI a mitrális annulusz mediális eredésénél

A regulációs adaptáció jellemzése a nyugalmi szívfrekvenciával (HR), a nyugalmi pulzusvolumennel (SV) és perctérfogattal (CO), valamint ez utóbbi relatív és indexált formájával történt.

IV. Eredmények

A dolgozatban az eredmények táblázatos formában szerepelnek. A téziszüzetben csak a fontosabb eredmények és ábrák kerülnek bemutatásra.

IV.1 Alapadatok

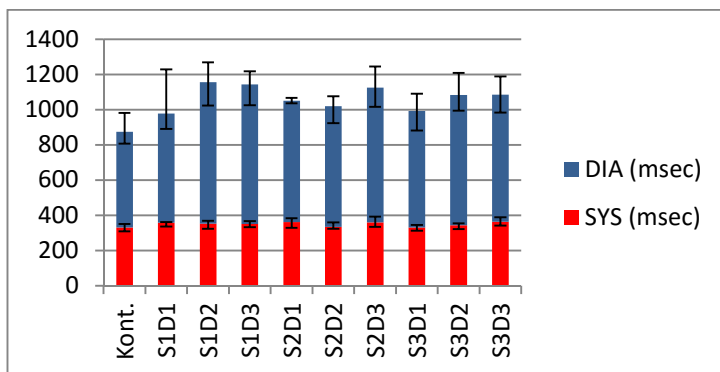
Az alapvető antropometriai paraméterek közül nem volt különbség a csoportok között az életkorban. A legnagyobb testmagasság-értékek az S3D3 a legkisebbek az S3D1 kategóriában mérhetők. Utóbbi kategóriában a testsúly a legmagasabb.

A nyugalmi vitális paraméterekben a vérnyomás értékében nem volt különbség. A nyugalmi szívfrekvencia a legtöbb sportolói csoportban szignifikánsan alacsonyabb a kontrollokhoz képest, kivéve az S2D2 és S1D1 csoportot. A kontroll csoport

edzésóraszámja szignifikánsan alacsonyabb a sportolókhöz képest. A sportolói csoportok között nincs különbség.

IV.2 Regulációs adaptációs jelek

Mind a szisztolés, mind a diasztolé időtartama egyes csoportokban szignifikánsan hosszabbnak bizonyult a kontroll csoporthoz képest (5. Ábra). A diasztolé időtartamában jelentkező különbségek markánsabbak, értékük kizárólag a hosszabb diasztázis felelős. A nyugalmi perctérfogat értéke az S1D3 csoportban szignifikánsan alacsonyabb volt az S3D3 csoporthoz képest ($p=0,0266$).

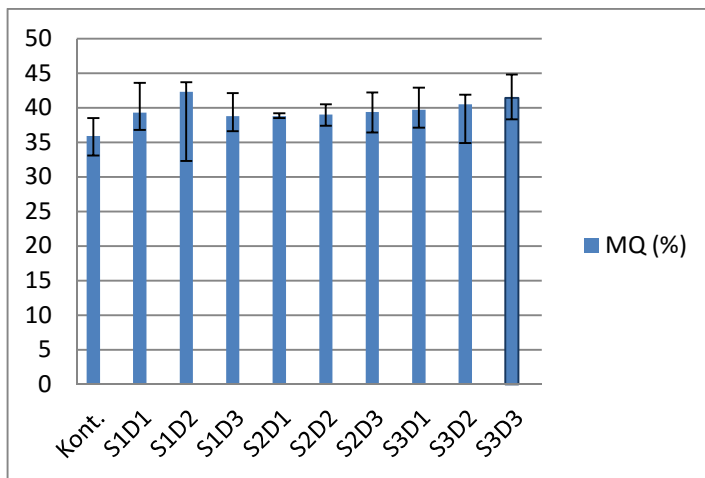


5. ábra - Különbségek a szisztolé és diasztolé időtartamában (medián; alsó és felső kvartilis értékek)

IV.3 Bal kamrai adaptáció

A bal kamrai morfológiai adaptációt az abszolút, relatív és indexált falvastagságokkal illetve kamrai méretekkel jellemeztük. Markáns bal kamrai hipertrófia figyelhető meg a legtöbb sportolói

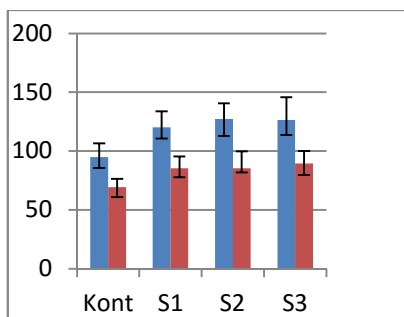
csoportban. Az MQ értéke a magas statikus komponensű sportokban emelkedett (6. ábra).

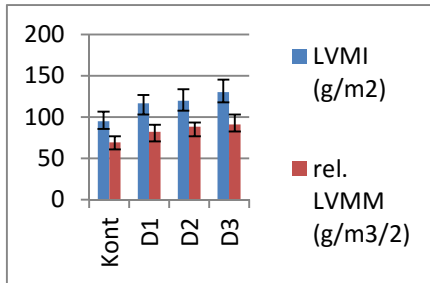


6. ábra - A muskuláris kvóciens alakulása

(Medián; alsó és felső kvartilis értékek)

A bal kamrai belső átmérő a dinamikus komponens emelkedésével szignifikánsan nő. Az LVMM a statikus és dinamikus komponens növekedésével a 7. ábrán bemutatott módon változik (kék indexált, piros relatív értékek).





7. ábra - A relatív és indexált LVMM változása a statikus és dinamikus komponens növekedésével
(medián; alsó és felső kvartilis értékek)

3. táblázat - Az LVMM különbségei

| | LVMM | LVM Index | Rel. LVMM |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Különbség | Szignifikancia | Szignifikancia | Szignifikancia |
| Kontroll<S2D3 | p<0,00001 | p<0,00001 | p<0,00001 |
| Kontroll<S3D1 | p<0,00001 | p<0,00001 | p<0,00001 |
| Kontroll<S3D2 | p<0,00001 | p<0,00001 | p<0,00001 |
| Kontroll<S2D2 | p<0,01 | p<0,01 | p<0,01 |
| Kontroll<S3D3 | p<0,00001 | p<0,00001 | p<0,00001 |
| Kontroll<S1D3 | p<0,00001 | p<0,00001 | p<0,00001 |
| S2D3>S3D1 | p<0,01 | p<0,001 | p<0,001 |
| S3D3>S3D1 | p<0,00001 | p<0,00001 | p<0,00001 |
| S3D3>S2D2 | p<0,001 | p<0,001 | p<0,05 |
| S3D3>S1D3 | p<0,00001 | p<0,00001 | p<0,001 |

A bal kamrai diasztolés funkciót tekintve az E/A hányados értéke a magas dinamikus komponensű sportok esetében szignifikánsan magasabb volt a kontrollhoz képest, a statikus komponens mértékének növekedésével a különbség egyre kifejezettebb (S1D3 p<0,002, S2D3 p<0,001, S3D3 p<0,000001). A

szöveti doppler segítségével meghatározott diasztolés sebességekben nincs különbség a sportolói csoportok és a kontroll csoport között, csakúgy mint a nyugalmi szisztolés funkciót jellemző paraméterekben.

IV.4 Jobb kamrai adaptáció

A jobb kamrát a magas dinamikus komponensű csoportok esetén markáns morfológiai adaptáció jellemezte. A különbségek a diasztolés paraméterek tekintetében jelentősebbek voltak ($p < 0,00001$ minden diasztolés és $p < 0,01$ minden szisztolés paraméterre). A jobb kamrai funkciót jellemző paraméterekben nem volt különbség azon csoportok között, ahol a statisztikai módszer alkalmazható volt.

IV.5 Pitvari és az aortagyök morfológiai adaptációja

Azon csoportok közül, ahol statisztikai módszer elvégezhető volt, szignifikáns különbséget találtunk a bal pitvari méretekben a kontroll és az S3D3 kategória sportjai között (mindhárom paraméter esetében az S3D3 kategóriában mért értékek szignifikánsan nagyobbak, LA width $p < 0,00002$, LA length $p < 0,002$, LA area $p < 0,000001$). A jobb pitvari paraméterek tekintetében a magas dinamikus komponensű sportok mind szignifikánsan nagyobb pitvari méreteket eredményeztek a kontroll csoporthoz képest.

Az aortagyök átmérőjében szignifikáns különbség csak az S3D3 és a kontroll ($p < 0,001$) valamint az S3D1 kategória ($p < 0,00001$) között volt.

A nagyszámú összehasonlítás miatt a Bonferroni-Holms korrekció után, amennyiben az összes adatot figyelembe vesszük,

akkor $p < 0,0007$ alatti különbségeket tekinthetjük a dolgozatban szignifikánsnak, ha csak a bal kamrára koncentrálnak, akkor a $p < 0,001$ különbségeket.

IV.6 A bal kamrai adaptációt leíró regressziós egyenletek a különböző sportági csoportokban

Kontroll csoport: $p = 0,186$

$$2,542a + 0,129b + 6,947c - 0,399d + 9,404e = 210,922$$

Jelmagyarázat:

- a: szívfrekvencia
- b: diasztázis idő
- c: relatív BK belső átmérő
- d: relatív BK izomtömeg
- e: E/A hányados

S1D1 csoport: $p = 0,009$

$$2,437a + 0,128b + 6,630c - 0,291d + 9,313e = 204,168$$

S1D2 csoport: $p = 0,013$

$$2,455a + 0,133b + 6,824c - 0,310d + 10,18e = 213,113$$

S1D3 csoport: $p = 0,200$

$$2,411a + 0,134b + 6,854c - 0,319d + 9,161e = 208,222$$

Az S2D1 csoportra egyenlet az alacsony elemszám miatt nem írható fel.

S2D2 csoport: $p = 0,047$

$$2,446a + 0,126b + 6,846c - 0,327d + 10,096e = 208,697$$

S2D3 csoport: $p = 0,112$

$$2,351a + 0,124b + 6,924c - 0,281d + 9,821e = 208,327$$

S3D1 csoport: $p = 0,148$

$$2,460a + 0,126b, + 6,733c - 0,307d + 9,958e = 205,837$$

S3D2 csoport: $p = 0,292$

$$2,342a + 0,119b, + 7,088c - 0,297d + 10,489e = 214,154$$

S3D3 csoport: $p = 0,254$

$$2,443a + 0,130b, + 6,665c - 0,239d + 10,066e = 209,086$$

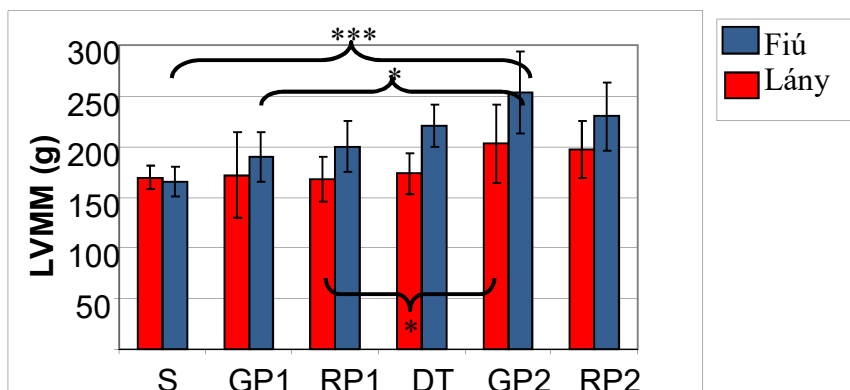
IV.7 Az edzés ciklusok hatásának vizsgálata

A testmagasság és testtömeg változása gyermekekben a normál fejlődést követi. A nemek között különbség nem volt.

Az edzésperiódussal a nyugalmi szívfrekvencia valamint vérnyomás értékek nem változtak, a kornak megfelelő normál értékeket mutatták.

A kontroll csoport nemből és korban illesztett volt, nem volt különbség a sportolói és kontroll csoportok között a testtömeg, testmagasság, a nemi érettség illetve a nyugalmi vérnyomás értékeiben.

A nyugalmi szívfrekvencia lány sportolókon szignifikánsan alacsonyabb volt a kontrollhoz képest.



8. ábra - A bal kamrai izomtömeg változása az edzésciklussal

LVMM: BK izomtömeg S: kiindulási érték, GP1,2: Alapozó-, RP1,2: Versenyperiódus 1, 2, DT: Edzéskihagyás. A szignifikancia szintje: *: $p < 0,05$, ***: $p < 0,001$. Az értékek bemutatása $\text{átlag} \pm \text{SD}$.

V. Következtetések

Az értekezésben méréseink alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- A kardiális edzésadaptációt meghatározza a testméret, az edzés mennyisége, a sportág jellege, a nem, az életkor, az etnikum és a fizikai aktivitás szintje.
- Méréseink alapján célszerűnek tartanánk az ajánlásokban is a morfológiai adaptációt leíró adatok testméretekre vonatkoztatva történő bemutatását. Munkacsoportunk a már korábban is leírt eltérések miatt a testfelület megfelelő hatványára vonatkoztatott adatokat javasolná.
- A nyugalmi vérnyomásértékeket a 18-35 évesek esetén a rendszeres sport még nem csökkenti szignifikánsan, ugyanakkor megfordítva, az élsport nem jár vérnyomásnövelő hatással.
- A nyugalmi szívfrekvencia alakulása megfelel a korábbiakban is ismertetett adatoknak. Ugyanakkor jelen méréseinkben nem csak a diasztolé, hanem a szisztolé időtartama is hosszabbnak mutatkozott egyes sportolói csoportokban, bár a diasztolé időtartamában megfigyelhető különbségek kifejezettebbek.

- A nyugalmi szisztolés bal kamrai funkcióban nincs különbség, ami ugyanakkor nem zárja ki a terhelés alatti jobb kontrakciós képességet.
- A bal kamrai morfológiai adaptáció terén az irodalmi adatoknak megfelelő eredményekre jutottunk, vagyis a magas dinamikus-magas statikus komponensű sportágakban a legkifejezettebb az adaptáció mind az üregméreteket mind a falvastagságot tekintve. A legtöbb sportolói csoportban megfigyelhető a vastagabb bal kamrai izomzat.
- Az S1D1 kategóriában sem morfológiai sem regulációs adaptáció nem figyelhető meg, ami egyrészt érthetővé teszi ezen sportok engedélyezését egyes kardiovaszkuláris betegség esetén is, ugyanakkor a fizikai aktivitás előnyös hatásai így szintén nem jelentkeznek (az anyagcserében esetlegesen bekövetkező pozitív hatásokat jelen módszereinkkel nem tudjuk megítélni).
- A jobb bal kamrai relaxációs képesség egyedül a magas dinamikus komponensű sportok esetében mutatott jelentősen jobb értékeket a kontroll csoporthoz képest. Tehát a diasztolés funkció javítására főleg ezen sportok ajánlhatók.
- A TDI a patológiás és fiziológiás állapotok elkülönítésében alapvető jelentőségű. Méréseink alapján azt a megállapítást tehetjük, hogy a bal kamrai funkcionális adaptáció terén a hagyományos Doppler vizsgálatokhoz képest nem nyújt többletinformációt, inkább alátámasztja az így nyert eredményeket.

- A jobb kamrai adaptáció tekintetében a hazai és nemzetközi irodalomhoz hasonlóan markáns morfológiai adaptációt találtunk a magas dinamikus komponensű sportok közül az S1D3 és S3D3 csoportokban.
- Szemben a bal kamrában regisztráltakkal, a jobb kamra funkcionális adaptációja nem figyelhető meg. Ugyanakkor a hipertrófizált jobb kamra funkciója nem rosszabb, mint a kontroll csoporté, ami fontos differenciáldiagnosztikai jel az ARVD/C-vel szemben.
- A pitvari adaptáció tekintetében elsősorban az S3D3 kategóriában figyelhetők meg szignifikánsan nagyobb jobb és bal pitvari méretek.
- Az aortagyök dilatációja a normál tartományon felül nem tekinthető fiziológiás edzésadaptációs jelnek.
- Az eredmények végén ismertetett egyenletek segítségével még pontosabban karakterizálható a fiziológiás edzésadaptáció, továbbá összehasonlíthatóvá válik különböző etnikumok kardiális adaptációja. További vizsgálatok segítségével a férfiak és nők közötti különbségek és objektíven leírhatók lehetnek. Kiugró értékek esetén felmerülhet a gyanú esetleges patológiás állapot, nem megengedett teljesítményfokozószer használatára is.
- Munkacsoportunk az eredményeket figyelembe véve nagyobb hangsúlyt kíván fektetni az S1D2 kategóriába tartozó sportok kardiovaszkuláris adaptációjának minél pontosabb meghatározására, azzal a céllal, hogy ezen

sportok is ajánlhatók legyenek kardiovaszkuláris betegség esetén szélesebb körben.

- Az ultrahangos technika fejlődésével egyre pontosabban írható le az egyes sportági csoportokban megfigyelhető kardiovaszkuláris adaptáció. Az újabb vizsgálómódszerek megjelenése ellenére a sportkardiológiai kutatásokban még nagyon sokáig az ultrahangos módszer lesz a mérvadó, a drágább, kevésbé hozzáférhető, sokkal speciálisabb radiológiai képzettséget és személyzetet igénylő MR módszerekhez képest.

A kardiális adaptáció edzésciklusoktól függő változásának tekintetében a következő megállapításokat tehetjük:

- Fiatal korban a kardiális adaptációt befolyásolja az edzés ciklusa.
- A legnagyobb falvastagság és ezzel együtt a legkisebb belső átmérő értékek az alapozó fázisban mérhetőek, mely megalapozza a versenyperiódusban elérhető maximális teljesítményt.
- Fontosnak tartjuk a kardiális edzésadaptációval foglalkozó cikkek esetében az edzésperiódus megjelölését. Természetesen kívánatos lenne a különböző sportágak kardiális adaptációjának precíz összehasonlíthatósága érdekében az azonos edzésciklusban készült vizsgálatok összehasonlítása.

- Felnőttekben az edzésadaptáció ciklusfüggésének megítélésére további jól tervezett követéses vizsgálatok szükségesek.

VI. Saját publikációk jegyzéke

1. Disszertációhoz kapcsolódó publikáció

Csajági E, Szauder I, Major Z, Pavlik G. Left Ventricular Morphology in Different Periods of the Training Season in Elite Young Swimmers. *Pediatr Exerc Sci.* 2015;27(2):185-91. IF: 1,452

Pavlik G, Major Zs, **Csajági E**, Jeserich M, Kneffel Zs: The athlete's heart. Part II. Influencing factors on the athlete's heart: kinds of sports, age, gender, performance level. *Acta Physiol Hung* 2013;100(1):1-27. IF: 0,747

2. Disszertációtól független publikációk

Szauder I, **Csajági E**, Major Z, Pavlik G, Ujhelyi G. Treatment of Hypertension: Favourable Effect of the Twice-Daily Compared to the Once-Daily (Evening) Administration of Perindopril and Losartan. *Kidney Blood Press Res.* 2015;40(4):374-85. IF: 2,123

Major Z, **Csajági E**, Kneffel Z, Kováts T, Szauder I, Sidó Z, Pavlik G. Comparison of left and right ventricular adaptation in endurance-trained male athletes. *Acta Physiol Hung.* 2015;102(1):23-33. IF: 0,734