

Állóképességi és erősportolók vizsgálata modern echokardiográfiás (speckle tracking) módszerekkel

Doktori tézisek

Dr. Szauder Ipoly

Testnevelési Egyetem
Sporttudományok Doktori Iskola



Konzulens: Dr. Pavlik Gábor professzor emeritus, DSc

Hivatalos bírálók: Dr. Ábrahám György egyetemi tanár, PhD
Dr. Hartyánszky István egyetemi docens, PhD

Szigorlati bizottság elnöke: Dr. Tihanyi József egyetemi tanár, DSc
Szigorlati bizottság tagjai: Dr. Nyakas Csaba professzor emeritus DSc
Dr. Dinya Elek egyetemi tanár, PhD
Dr. Takács János kardiológus főorvos, PhD

Budapest
2015

BEVEZETÉS

A szív edzettségének szerepe az egészség fenntartásában

A sportnak és a sportmedicinának is egyik legfontosabb célkitűzése az emberi egészség fenntartása, a jobb minőségű élet, hosszabb élettartam elérése. Az „egészségmedicina” példaként tekinthető: nem a már kialakult betegségekre fókuszál, hanem a betegséget megelőzni igyekszik, ennek minden nyilvánvaló, az egyénekre és a társadalomra vonatkozó hasznával. Az egyénre (betegségre) individualizált, megfelelően megválasztott, rendszeres dinamikus terhelés kedvezően befolyásolja a kardiovaszkuláris betegségek és a hipertonia lefolyását, szövődményeit. Az utóbbi évtizedekben, az egészséges életmód szerves részévé vált a rendszeres testedzés, melynek két leggyakoribb formája a futás és a testépítés. Tömegeket mozgat meg egy egy futóverseny külföldön (például a Vivicitta, a New York maraton), de hazánkban is több tízezer hódolnak ennek a sportnak (például a Budapest maraton). Világjelenség az edzőtermek (fitness centrumok) elszaporodása.

Állóképességi és erősportok hatása a szívre

Az állóképességi teljesítmény nagymértékben a szív működésétől, edzettségi állapotától függ. Más kardiovaszkuláris adaptációt igényelnek az állóképességi sportok (vagy más néven dinamikus, izotóniás, aerobic edzések), ilyen sportmozgás például a hosszútávfutás, és úszás, és másrészt az erősportok: a súlyemelés, erőemelés, testépítés (más néven statikus, izometriás, anaerob edzések). Kevés olyan sport van, melyekben tisztán dinamikus (állóképességi), vagy tisztán statikus (erő) gyakorlatok szerepelnek. Az állóképességi sportoknál az edzés hatására megnő a maximális oxigén felvétel, a perctérfogat, és a szisztolés vérnyomás, a perifériás vaszkuláris rezisztencia csökkenésével. Az erősportoknál edzés hatására kis mértékben emelkedik az oxigénfogyasztás, és a perctérfogat, de jelentősebben emelkedik a szisztolés vérnyomás, a perifériás vaszkuláris rezisztencia és a szívverés szám (Csajági 2014, Major, Szauder 2015).

Az edzett szív definíciója

Edzett szíven egy olyan sportolói szív értendő, mely rendelkezik mindazokkal a kardiovaszkuláris alkalmazkodási jelekkel, amelyeket a hosszú időtartamú edzés vált ki. Morfológiai edzettségi jelek: koncentrikus vagy excentrikus bal kamra hipertrófia, ritkán kialakuló jobb kamrai hipertrófia, gazdagabb koszorúér ellátás. Funkcionális edzettségi jelek: a szisztole és a diasztole különböző noninvazív módszerekkel felmérhetőek. Regulációs edzettségi jelek: a vegetatív szabályozás megváltozásából adódóan: a pulzusszám és a perctérfogat változásai. A szív edzettségi jelei számos tényezőtől függenek, ezek közül egyik alapvető tényező a sportág mozgásanyagának jellege.

Az edzett szív irodalmának rövid áttekintése

A különböző korszakok szemléltetésére az emberiség történelmi korszakainak besorolását alkalmaztam.

Kőkorszak: a fizikális vizsgálat

Henschen 1898-ban sífutókon tanulmányozta a szívnagyobbodást, ezt a fiziológiás alkalmazkodás jelének tekintette. 1899-ben Darling a Harvard egyetem evezősein, White 1918-ban a Bostoni Marathon futóin először írta a radialis pulzus kifejezett nyugalmi sinus bradikardiáját.

Ókor: a morfológia műszeres vizsgálatának kezdete: a rtg vizsgálat

Az echokardiográfia megjelenéséig az 1970- es évekig egyedül a röntgen vizsgálat adott közvetlen, képalkotó tájékoztatást a szív nagyságáról és működéséről. A röntgen vizsgálattal nyerhető funkcionális adatok indirekt módon, meglehetősen pontatlanul referáltak a szív működéséről.

Középkor: a kardiális funkciók kezdeti megismerése: a noninvazív éra kezdete: az EKG vizsgálat és a mechanokardiográfia

Az 1970-es, 1980-as években a noninvazív kardiológiai kutatásokban fontos szerepet játszott az EKG mellett a mechanokardiográfia: a carotis pulzushullám piezo-

elektromos elven működő nyomásérzékelő segítségével történő felvétele, melyet a szimultán rögzített EKG és szívhang felvétel révén értékelték. Szisztolés és diasztolés időintervallumok meghatározása indirekt módon közvetíti a verővolument, az aortanyomást és a bal kamra végdiastolés nyomását. Magyarországon az elsők között írtuk le a carotis pulzushullám első és második időbeli deriváltjának használhatóságát egészségeseken és szívbeteg-nél. A mért adatok számítására Magyarországon elsőként alkalmaztunk e tárgyban számítógépes analízist (Herpai 1978, Simonyi 1977, 1980, 1983, Szauder 1978, 1982). Az általunk felvett carotis pulzushullám első és második idő szerinti deriváltja igen hasonló az echokardiográfiával megfigyelt „wave intensity” hullámához. A deriváltak ugyanis az időbeliség ábrázolásával markánsabbak, több adat elemzését teszik lehetővé a carotis nyomáshullámról, különösen annak kezdeti szakaszáról, így indirekt módon az áramlásról is jobban referálhatnak, mint a carotis pulzushullám görbe. Különösen figyelemre méltó hasonlóságot mutat a carotis első idő szerinti deriváltja az ultrahang Doppler „wave intensity” felvétellel (Szauder 2014).

Az újkor hajnala: Az echokardiográfia megjelenése.

Kezdetben (M-módú és kétdimenziós eljárás) a bal kamra hipertrófiáról szolgáltatott adatokat. Klasszikus feltételezés, hogy az erősportágak inkább koncentrikus, míg az állóképességi sportágak inkább excentrikus bal kamra hipertrófiát okoznak. A dinamikus és a statikus sportban észlelt kardialis adaptációk csekély mértékben térnek el egymástól. A bal kamrai üreg méret és az izomtömeg növekedését a testfelület vagy a testtömeg is meghatározza. A falvastagság növekedése minden sportágban létrejön, míg a belső átmérő növekedése kifejezettebb az állóképességi sportok tekintetében.. A hosszútávfutóknál a szív adaptációja kettős: alkalmazkodik mind a volumen, mind a nyomásterheléshez, miáltal az edzett szív mind a bal kamra belső átmérőjének növekedésével, mind a bal kamrai falvastagság növekedésével reagál. Az erősportolóknál a szív edzése csekélyebb mértékű: kisebb mértékben növeli a bal kamra belső átmérőjét, mint az állóképességi sportokban, ugyanakkor változó mértékben növekedhet a bal kamrai falvastagság. Ezek a változások az állóképesség sportokat meghaladó mértékű vérnyomás válasz révén kialakult nyomásterheléssel és a csekélyebb mértékű perctérfogat növekedés kiváltotta volumenterheléssel magyarázhatók. Ugyanakkor az erősportolóknál sem létezik tisztán nyomásterhelés,

mert ez bizonyos mértékben kombinálódik a volumenterheléssel (Szauder, Csajági Major 2015).

A morfológiai adatokon túlmenően a bal kamra szisztolés funkcióját általában az ejekciós frakcióval és a cirkumferenciális rost rövidüléssel mérik. Számos tanulmány igazolta, hogy ezek nem tértek el lényegesen a nem sportolóktól. Ebből arra lehet következtetni, hogy a sportolóknál nincs összefüggés a szív geometriája és a bal kamrai szisztolés funkció között.

Jelenkor: a Doppler echokardiográfia. A kezdetek: az E/A érték

A diasztolés funkció meghatározásában a mitrális beáramlás E és A hullámának hányadosát, az E/A érték használhatóságát korlátok és függőségek jellemzik, úgymint a mitralis diasztolés gradiens, a bal kamra előterhelése (preload), a bal kamra utóterhelése (afterload), szívfrekvencia. Általában sportolóknál normális vagy kissé emelkedett diasztolés funkciót észlelünk, míg hypertóniás betegeknél a bal kamrai izomtömeg növekedése a diasztolés telődés abnormalitásával társulhat (Szauder 2014)

A közelmúlt: a szöveti Doppler

A szív hosszanti rotációs radiális és translációs mozgásának sebességét és ezen mozgások eredőit mutatják a szivizom Dopplerrel mért értékek. Az E /E' értéke a relaxáció indexe és normál egyénekben preload dependens, szívbetegségekben preload független, a lateralis nagyobb, mint a szeptális fordítva arányos az életkorral és minden típusú diasztolés diszfunkcióban kórosan csökken, a szisztolés funkcióval fordítva arányos, korrelációt mutat a kapilláris wedge nyomással és a bal pitvari nyomással is.

A TDI adatok alkalmazása a sport medicinában: az állóképességi sportolóknál az E/E' értéke növekedett az erősportolókéhoz képest valamint az E' értéke emelkedése és az A' érték csökkenése volt észlelhető a kontrollokhoz képest. A diasztolés funkció növekedése sportolóknál mindazonáltal a töltőnyomástól és a szívfrekvenciától is függ, s főként a bal kamra longitudinális mozgását reprezentálja. (Szauder 2015). A TDI módszer hozzájárul a fiziológiás bal kamra hipertrófia, az edzett szív és a patológiás bal kamra hipertrófia elkülönítéséhez.

A jelen és a jövő: a strain és strain rate imaging (SRI) és a Speckle Tracking Echokardiográfia (STE)

Strain és strain rate imaging (SRI)

Mérhető a szívizom elmozdulása (displacement), a sebessége (velocity) és a deformálódása (strain) a deformálódás sebességének mértéke (strain rate). Csúcsi nézetből szisztolében a bal kamra kontrakció során megrövidül, ez negatív strain, diasztolében a strain pozitív. Keresztmetszeti képen szisztolében a fal megvastagodik, azaz a strain pozitív, diasztolében pedig elvékonyodik, azaz a strain negatív. A bal kamrai szívizom endo- és epicardialis rétegei közötti változásokat reprezentálja a radiális strain. Amennyiben a deformáció rövidülés, úgy a strain negatív, amennyiben vastagodás, a strain pozitív értékeket vesz fel. Hosszmetszeti képen mérhető a longitudinális rövidülés és a transzverzális vastagodás, keresztmetszeti képen a circumferenciális rövidülés és a radiális vastagodás.

A klinikai gyakorlatban a strain és a strain rate a globális és szegmentális bal kamra funkció megítélésére alkalmas. A strain a miokardiumot képezi le, nem csupán a mitrális anulusz mozgását. A strain és a strain rate egyenesen arányosak a bal kamra funkcióval. Elsősorban iszkémia leképezésére használatos. A TDI hátránya, hogy az ultrahang sugár inszonációs szöge erősen befolyásolja egy dimenzióban és nem minden szegmentumban alkalmazható zaj és műtermék érzékeny. Ezen hátrányokat küszöböli ki a Speckle Tracking Echokardiográfia.

A Speckle Tracking Echokardiográfia (STE)

A legújabb, csupán mintegy évtizedes múltra visszatekintő echokardiográfias módszer. Előnye: a leképezése nem függ az ultrahangsugár szögétől és nem befolyásolja a szív translációs mozgása sem. Alapja: az ultrahang sugár különböző mértékű szóródása, visszaverődése és interferenciája a szívizomban egy leképezhető speciális mintázatot ad, ez a pettyezettsége (speckle) térbeli és időbeli elmozdulása, sebessége jól ábrázolható, mérhető. A speckle technika tehát a miokardium strukturális inhomogenitását használja fel a miokardium alak és helyzet változtatásának mérésére. A strain és a strain rate is megmérhető. Sportolóknál előnye, hogy amíg a konvencionális echokardiográfiával az edzett szív excentrikus vagy koncentrikus típusa állapítható meg, a STE adatokat szolgáltat az intrinszik miokardiális funkcióról is: a szegmentumoknak a longitudinális

(hossztengely menti) a cirkumferenciális (körív menti) a radiális (középvonal felé történő) elmozdulásairól, strainről és a strain rate-ről referálnak (Szauder 2015).

CÉLKITŰZÉS

Kevés tanulmányban szerepel a szinte „tisztán” erősportnak tekinthető testépítés és, a szinte „tisztán” állóképességi sport, a maratoni futás okozta kardialis eltérések összevetése a legújabb echokardiográfiás módszerekkel. Célom volt a két igen elterjedt, az állóképességi és az erősportot képviselő amatőr maratoni futók és testépítők esetében az edzett szív jellegzetességeinek minél részletesebb feltárása. Minél finomabban és részletesebben meghatározni azokat a tényezőket, melyek befolyásolják az edzett szív kialakulását. különös tekintettel a legújabb, mintegy 10 éve ismeretes echokardiográfiás módszerrel, a speckle tracking echokardiográfiával. Feltételezésem szerint ugyanis a testépítők kardialis adaptációja más jellegű, bizonyos tekintetben kedvezőtlenebb lehet, mint a maratoni futóké. A speckle tracking echokardiográfiával történő elkülönítés és jobb megismerése gyakorlati következtetések levonására is alkalmas lehet, és hozzájárulhat a sportolók sportélettani szempontból kedvezőbb tréningprogramjának kialakításához.

MÓDSZEREK

Személyek, kizárási kritériumok

A vizsgált személyek azonos életkorú, 20 és 30 év közötti férfiak voltak, 24 maratoni futó, 14 testépítő, a kontroll csoportot 15 nem edzett, ülő foglalkozású személy alkotta. A sportolók minimum 5 éves sportmúlttal rendelkeztek. A maratoni futók heti $20,0 \pm 1,4$ órát edzettek $7,8 \pm 1,6$ év óta, rendszeresen vettek részt amatőr maratoni futó versenyeken. A testépítők hetente $16,8 \pm 1,1$ órás edzésen vettek részt $7,9 \pm 1,4$ év óta. A nem edzettek egyetemi hallgatók vagy ülő foglalkozású dolgozók voltak, akik nem végeztek heti 3 óránál több fizikai aktivitást.

Kizárási kritériumok voltak: akut vagy krónikus betegség, rendszeres gyógyszer szedése, teljesítménynövelő szer alkalmazása, dohányzás, fizikális vizsgálattal észlelt

eltérés, laboratóriumi rizikófaktorokban, ha kóros értékű szérumszén LDL-, HDL koleszterin, triglicerid, szérumszén hígysav vagy homocisztein érték volt vagy IGT-re utaló vércukorértékeket észleltünk, patológiás nyugalmi EKG eltérés, boka kar index kóros értéke, karotis intima megvastagodása Doppler módszerrel, echokardiográfiával patológiás eltérés, pozitív terheléses EKG teszt (a közismert EKG eltéréseken kívül a 160/90 Hgmm-t meghaladó maximális vérnyomás esetében is – hipertónia gyanúja miatt - kórosnak tekintetem).

A hipertónia kiszűrése az új echokardiográfiás besorolásom alapján

A vérnyomást a rendelői vérnyomáson kívül 24 órás vérnyomásmonitorral (ABPM) is meghatároztuk a hipertónia kizárására az Európai Hipertónia társaság (ESH) érvényes ajánlásainak figyelembe vételével A hipertónia és ennek echokardiográfiás felderítésére alkalmaztam az általam kidogozott echokardiográfiás súlyossági besorolást, mely a még nem ismert hipertónia betegség felderítésére hasznos segítséget adhat (Szauder 2009, 2011).

Vizsgálatok

Alapvizsgálatok: részletes anamnézis felvétele, testtömeg, magasság megmérése, kardiológiai fizikális vizsgálat, status felvétele: hallgatóság, vérnyomás és pulzusszám mérése. A konvencionális echokardiográfiás vizsgálatokat a délelőtti órákban történtek Esaote Biomedica Mylab 25 Gold típusú echokardiográffal 2,5-3,5 MHz transducerrel. Kétdimenzionális, valamint irányított M-mód képeket a paraszternális hosszmetsetből, a transzmitrális áramlási sebességeket négyüregi képen pulzatilis Doppler, a szöveti Doppler módszerrel az anulus mozgási sebességét határozta meg a mitrális billentyű szeptális és laterális eredésénél. A szisztolés (PVs) és a diasztolés (PVd) tüdővéna görbék sebességének meghatározását a jobb felső tüdővénába helyezett mintavételi kapuval pulzatilis Doppler módszerrel, a trikuszipidális anulus szisztolés kitérése (TAPSE) M-móddal a trikuszipidális anulusról történt. A mérésekhez 5 ciklus átlaga szolgált.

A „hagyományos” echokardiográfiás mérések és számítások

A bal kamrai szívizomtömeg meghatározásánál a Devereux formulát alkalmaztam. Kiszámoltam a bal kamra falvastagságát az interventrikuláris szeptum és hátsó fal vastagságának összegéből, valamint a bal kamra falvastagságának és belső átmérőjének arányát, a muszkuláris kvócienset (MQ). Az átmérők ismeretében kiszámítottam a bal kamra végdiasztolés és végszisztolés térfogatát, illetve a térfogatok különbségének segítségével a pulzustérfogatot és a perctérfogatot, az átmérők és a falvastagság ismeretében pedig a balkamra izomtömegét. Ezeknek az adatoknak a kiszámítására a különböző szerzők többféle módszert alkalmaznak. Vizsgálatomban a Pavlik és mtsaihoz hasonlóan mind a térfogatot, mind a balkamra izomtömegét a paraszternális kép haránt átmérőinek köbreemelésével számoltam. A szív méreteit a testméretekre olyan képletekkel vonatkoztattam, amelyekben a számláló és a nevező hatványkitevője megegyezik (Szauder, Csajági, Major 2015), valamint a testfelület négyzetméterére vonatkoztatott szívizomtömeget is közöltem. Az áramlási sebességekből számoltam a korai és késői diasztolés csúcssebességének a hányadosát (E/A hányados), a TDI sebességekből a mitrális anulus szeptális és laterális kora- és késő diasztolés csúcssebességének arányát.

Speckle tracking, strain rate mérések, számítások

Speckle tracking analízis számára a rövid tengelyű metszetben a mitralis billentyűk szintjén, midpapillaris szinten, csúcsi nézetből a csúcsi négy- három- és kétüregű felvételek történtek. A bal kamra miokardiumának optimális láthatóságára a gain, a focus, a mélység és a sectort megfelelő beállítása, a 60 képkocka feletti frame rate szolgált. A speckle tracking analízist 2D Cardiac Performance Analysis, TomTec Imaging System GmbH, (Unterschleissheim Germany) programmal végezte el. A bal kamrai endokardium határát manuális jelölése után manuálisan korrekció történt, amennyiben a szoftver nem tudta ezt pontosan kijelölni. A szegmentális szisztolés stain csúcsértékei 2 szív ciklus átlagában méretett. A globális longitudinális, cirkumferenciális és radiális szisztolés strain csúcsértékek meghatározása a 16 szegmentes modellen alapult. A testfelület számítására a Mosteller formulát alkalmaztam. Statisztikai analízisre a Statistical Package for the Social Sciences software version 20 (IBM,

Armonk, New York, USA) szolgált. A változók normál eloszlását Shapiro-Wilk teszt vizsgálta. Normál eloszlás esetén egyutas ANOVA-t Fisher-féle post-hoc teszttel, nem normál eloszlás esetén Kruskal-Wallis ANOVA-t követően páronként Mann-Whitney tesztet alkalmaztam. A táblázatokban az átlagértékeket és a standard deviációkat tüntettem fel, jelölve a szignifikáns különbségeket ($p < 0,05$) értékben (Szauder 2015).

EREDMÉNYEK

A vizsgált személyek kora és testméretei

Nagyobb izomtömegük következtében a testépítők magasabb BSA és BMI értéket mutattak

Morfológiai adatok

A testépítőknél, a bal kamra belső átmérője és a bal kamrai izomtömegek abszolút és relatív értéke szignifikánsan nagyobb volt a nem-edzettekhez képest. A MQ nem különbözött a csoportok között. Nem volt szignifikáns különbség a sportolók között sem a szeptum diasztolés átmérőjében, a hátsó fal diasztolés átmérőjében a rel. WT-ben és a MQ-ban. A bal kamrai szívizomtömeg abszolút értéke nagyobb volt a testépítőknél a kontrollokéhoz képest. Nem volt különbség a szív méretet a testméretekre a számláló és a nevező megegyező hatványkitevőjével történő vonatkoztatásában, sem pedig a testfelületre számított szívizomtömegben. Nem volt tehát bal kamra hipertrófia különbség a sportolók és a kontrollok között. A szakirodalmi adatok többségétől eltérően sem az állóképességi sem az erősportolóknál nem jött létre jelentős bal kamra hipertrófia.

Alapvető szív-keringési adatok

- Testépítőknél nagyobb volt a maratoni futókhöz és kontrollokéhoz képest a pulzusszám, a vérnyomás, a perctérfogat

- A maratoni futóknál alacsonyabb nyugalmi pulzusszám volt, míg a testépítők és az edzetlenek pulzusszáma között nem volt különbség
- A szisztolés és a diasztolés vérnyomás szignifikánsan alacsonyabb volt a maratoni futóknál, mint a másik két csoportban
- A perctérfogat a testépítőknél volt szignifikánsan magasabb, mint a futóknál és a nem-edzettekénél
- A bal kamrai végdiasztolés volumen a sportolóknál nagyobb volt, mint az edzetleneknél
- A relatív verőtérfogat szignifikánsan alacsonyabb volt az edzetleneknél, míg a két sportolói csoportban nem tért el
- A bal kamra ejekciós frakciója valamint a frakcionált roströvidülése nem különbözött a csoportok között
- Az aorta áramlás csúcssebessége mind a két edzett csoportban magasabb volt, mint a nem-edzettekben, az erősportolóknál a különbség szignifikáns volt.

A szív funkcionális adatai „hagyományos” echokardiográfiás mérésekkel (PW Doppler és TDI adatok)

Sem a mitrális E hullám decelerációja, sem az izovolumiás relaxációs periódus nem változott jelentősen. A mitrális anulus szeptális és laterális szisztolés csúcssebességében nem volt különbség.

Maratoni futók

- E/A, E/E', E'/A' értékei nem romlottak, sőt, valamennyire inkább javuló tendenciát mutattak.
- PVD szignifikánsan alacsonyabb értéke a futóknál szintén a jobb diasztolés funkcióra utal.

Testépítők

- Szignifikánsan alacsonyabb E/A hányados
- Laterális fal E/E' szignifikánsan kisebb
- Septális E/E' nem szignifikánsan csökkent
- A szeptális fal szignifikánsan alacsonyabb E'/A' értéket mutatott, mely az E' érték csökkenéséből és az A' érték növekedéséből adódott

- A laterális E'/A' értéke szignifikánsan nagyobb értéket mutatott a kontrollokhoz képest (E' érték nőtt A' értéke csökkent) a kontrollhoz képest.
- Szeptális A' szignifikánsan nagyobb volt

A strain rate és speckle tracking echokardiográfiával mért funkcionális adatok

Longitudinális strain: A maratoni futókban a longitudinális strain csökkent. Értéke jó korrelációt mutatott a testfelülettel, illetve a bal kamrai végdiasztolés volumennel.

A cirkumferenciális strain változásai: Testépítőkben a cirkumferenciális strain csökkent. Ez a megnövekedett izomtömeggel és az emelkedett vérnyomással hozható összefüggésbe

A radialis strain értékei: A radialis strain értéke nem változott meg jelentősen a vizsgált csoportok között. A maratoni futók radialis strain értéke nem volt szignifikánsan kisebb (ld. 1. táblázat).

1. táblázat. A szív funkcionális adatai új echokardiográfiás módszerrel a strain rate speckle tracking echokardiográfiával

	Hosszútáv.	Testépítők	Kontroll	p<0,05
N	24	14	15	
long. strain	-19,4 ± 3,4	-23,3 ± 2,1	-24,1 ± 3,0	H<T,N
circ. strain	-26,6 ± 3,8	-22,4 ± 4,3	-26,4 ± 2,7	T<H,N
rad. strain	42,5 ± 5,5	44,2 ± 8,2	44,1 ± 4,5	

korrelációk:

hosszútávfutókban: longitudinális strain és EDV: r=0,46; p<0,05

longitudinális strain és BSA: r=0,49; p<0,05

testépítőkben: cirkumferenciális strain és izomtömeg: r=0,61; p<0,01

MEGBESZÉLÉS-KÖVETKEZTETÉSEK

A „hagyományos” echokardiográfiás paraméterek elemzése

Az eredmények a sok tekintetben megegyeznek a korábbi vizsgálatok alapján vártakkal állóképességi sportolóknál, maraton futóknál jobb nyugalmi hemodinamikai, regulációs jelek, az erősportolók csoportjába tartozó testépítőknél enyhe bal kamra hipertrófia, gyengébb funkcionális és regulációs eredmények. (Szauder, Csajági 2015). Néhány tekintetben bizonyos mértékben eltértek a szokásos adatoktól, aminek okát elsősorban a vizsgált sportágak sajátosságaiban kereshetjük. A legmarkánsabb morfológiai edzettségi jelben, a bal kamra hipertrófiában bizonyos mértékben meglepő, hogy egyik sportolói csoport sem mutatott szignifikáns eltérést. Az eredmények tehát nem felelnek meg a klasszikus Morganroth-féle dichotómiának (az állóképességi sportolók-nál inkább excentrikus és az erősportolók koncentrikus bal kamra hipertrófia jön létre). Feltételezhető, hogy a szív hipertrófia indukálásához szükséges nyomásterhelés inkább valósul meg közép- és hosszútávfutókban (5-10000 m futás), mint a nagyon hosszú távon versenyzőknél, ugyanakkor amatőr futók voltak. A maraton futók esetében nem meglepő, hogy a MQ gyakorlatilag megegyezett a nem-edzettek értékeivel, hiszen az állóképességi versenyzőknél a hipertrófia excentrikus típusú. A testépítők esetében nem alakult ki koncentrikus irányú hipertrófia, adataink Pelliccia adataival egyeznek meg, aki 100 különböző erősportoló echokardiográfiás vizsgálata segítségével állapította meg, hogy mérsékelt és a fiziológiai határokon belül maradó falvastagodás van csupán. A testépítők esetében ez különösen érthető, hiszen ők hogy nem a nagyobb statikus erő fejlesztésére, nem a nagyobb teljesítményre törekednek, hanem az izmok méretét, alakját kívánják formálni. Ennek megfelelően ők kisebb ellenállással és nagyobb ismétlés számmal edzenek, mint például a súlyemelők. Feltételezhető tehát, hogy edzés közben a perifériás ellenállás nem emelkedik olyan mértékben, hogy koncentrikus típusú hipertrófiát okozzon.

Hemodinamikai adatok

Megállapítások a hemodinamikai változásokról

Az edzett szív kardiális adaptációjára utal, hogy a bal kamrai végdiastolés volumen a sportolóknál nagyobb volt, mint az edzetleneknél.

A perctérfogat a testépítőknél volt szignifikánsan magasabb, mint a futóknál és a nem-edzettekénél, ezt a különbséget inkább a magasabb pulzustérfogat (erősportolók vs. nem edzettek $p=0,052$), mint a pulzusszám okozta, a nyugalmi vegetatív szabályozásban a szimpatikus tónus emelkedett, azaz biztosan nem csökkent az erősportolóknál. A testépítőknél úgy tűnik, nem alakul ki az edzett szervezet kedvező, nyugalmi vegetatív tónusa sem. Nyugalmi pulzusszámuk, vérnyomásuk magasabb volt, mint a hosszútávfutóké, a nyugalmi perctérfogat pedig mindkét csoport értékeinél magasabb volt. A nyugalmi pulzusszámot elsősorban a paraszimpatikus tónus állítja be, minthogy a kamra izomzatnak paraszimpatikus beidegzése nincs, a perctérfogat elsősorban a nyugalmi szimpatikus tónus és a fennálló kardiális hipertrófia következménye. A vérnyomás a perctérfogat és a perifériás rezisztencia beállításának pontos egyensúlya.

A perctérfogat emelkedéséből elsősorban arra lehet gondolni, hogy a nyugalmi vegetatív szabályozásban a szimpatikus tónus emelkedett, azaz biztosan nem csökkent az erősportolóknál, s ez is hozzájárulhat a kedvezőtlenebb diasztolés funkcióhoz.

Diasztolés funkció hagyományos módszerrel

A maratoni futóknál a diasztolés funkció PW és TDI Dopplerrel vizsgálva nem romlott, sőt, valamennyire inkább javuló tendenciát mutatott. A PVd szignifikánsan alacsonyabb értéke a futóknál szintén a jobb diasztolés funkcióra utal. A testépítők esetében a bal kamra hipertrófiája együtt járt a diasztolés funkció csökkenésével, azaz relatív romlásával, amit a szignifikánsan alacsonyabb E/A hányados, és a szeptális fal alacsonyabb E'/A' értéke mutatott, mely az E' érték csökkenéséből és az A' érték növekedéséből adódott. Számos vizsgálatban az állóképességi sportolók TDI adatainak analízise azt mutatta, hogy az E' értéke emelkedése és az A' érték csökkenése volt észlelhető sportolóknál a kontrollokhoz képest. A diasztolés funkció növekedése sportolóknál mindazonáltal a töltőnyomástól és a szívfrekvenciától is függ, s főként a

bal kamra longitudinális mozgását reprezentálja. Vizsgálatomban a testépítőknél észlelt szeptális E' érték csökkenéséből és az A' érték növekedéséből eredő E'/A' alacsonyabb értékében kifejeződik, hogy a testépítőknél a bal kamra hipertrófia tehát nem tágulékony, hanem merevebb szívizom gyarapodást eredményezett. Ugyamakkor a laterális E'/A' értéke nagyobb értéket mutatott (E' érték csökkent A' értéke növekedett) testépítőknél a kontrollokéhoz képest. Ez a kedvezőbb érték, arra utal, hogy a testépítőknél is kialakul bizonyos mértékben az edzett szív, amely esetében a bal kamra hipertrófia kedvezőbb diasztolés funkciót (relaxációt) biztosít az edzetlenek szívénel.

Új megállapítások a diasztolés funkcióról (PW és szöveti Dopplerrel mért változásokról)

Állóképességi sportolók

- A diasztolés funkció nem romlott, sőt, inkább javuló tendenciát mutatott.
- PVd szignifikánsan alacsonyabb értéke szintén a jobb diasztolés funkcióra utal.
- A diasztolés értékek alapján az állóképességi sport (futás) kedvezőbb bal kamrai mechanikát hoz létre, mint a testépítés.

Erősportolók

Diasztolés funkció romlása:

- Szignifikánsan alacsonyabb, E/A hányados
- Laterális fal E/E' szignifikánsan kisebb mint a futóké
- Szeptális E/E' nem szignifikánsan csökkent
- A szeptális fal szignifikánsan alacsonyabb E'/A' értéket mutatott, mely az E' érték csökkenéséből és az A' érték növekedéséből adódott.
- A maratoni futókkal ellentétben mindhárom diasztolés paraméter kedvezőtlen változásra utal, a bal kamrafal merevebségét a stiffness növekedését mutatja.
- A bal kamra hipertrófiája együtt járt a diasztolés funkció csökkenésével, azaz relatív romlásával nem tágulékony, hanem merevebb szívizom gyarapodás jött létre.
- A testépítőknél is kialakul bizonyos mértékben az edzett szív, amely esetében a bal kamra hipertrófia kedvezőbb diasztolés funkciót (relaxációt) biztosít az edzetlenek szívénel. (A laterális E'/A' értéke szignifikánsan nagyobb volt, az E' érték nőtt az A' értéke csökkent a kontrollhoz képest).

A strain rate és a speckle tracking echokardiográfiával nyert adatok értékelése

Ritka az irodalomban két ennyire eltérő sportolói populáció olyan echokardiográfiás vizsgálata, melyben a „hagyományos” echokardiográfiás adatok értékelése mellett a legújabb echokardiográfiás módszer, a speckle tracking echokardiográfiás értékelés is szerepel.

Longitudinális strain

A hosszútávfutókban a longitudinális strain csökkent értékeket mutatott, mely jó korrelációt mutatott a testfelülettel, illetve a bal kamrai végdiasztolés volumennel. Melyet az a tény magyarázhat, hogy a maratoni futóknál a bal kamrai végdiasztolés volumen relatíve nagyobb volt mivel testfelületük relatíve kisebb volt a másik két csoportnál. A hosszútávfutókban a longitudinális strain csökkenése valószínűleg azzal is magyarázható, hogy az intenzív, volumenterheléssel járó edzés nagyobb volumeneket eredményez, egy nagyobb kamrának viszont kevesebb longitudinális rövidülés is elegendő nyugalomban azonos verőtérfogathoz.

Ismeretes, az állóképességi sportolók TDI adataiból, hogy az E' értéke emelkedése és az A' érték csökkenése volt észlelhető sportolóknál a kontrollokhöz képest. A diasztolés funkció növekedése sportolóknál mindazonáltal a töltőnyomástól és a szívfrekvenciától is függ, s főként a bal kamra longitudinális mozgását reprezentálja. Másrészt az alacsonyabb bazális strain értékek megtartott ejekciós frakcióval a lehetséges funkcionális rezerv kapacitásra utalhat, mely az edzett szív jele lehet.

Az irodalmi adatok némileg inkonzisztens mivolta a következőkből adódik: *edzéstartam*, (elit vagy amatőr sportolók), különböző sportélettani hatások szerepe: a testépítők edzése statikusabb, mint a súlyemelőké, gyakorlatilag csak az egyes izomcsoportok külön-külön edzése történik, nincsenek benne dinamikus elemek a súlyemelőknél felállás, leguggolás- egyéb izomcsoportok, testizmok is szerepelnek. *Életkor*: egy maratoni futók metaanalízisében, ahol a GLS nem csökkent, 50-65 éves alanyok voltak, nem volt belső kontrollesoport, adataikat a - szintén nem teljesen egységes - irodalmi adatokhoz hasonlították. A GLS korfüggősége miatt, általában a kor előrehaladtával a longitudinális strain nagyobb értékeket mutat. Így a GLS a tréning következtében nem csökken az időseknél, illetve a korfüggő növekedés az egyébkénti csökkenést mintegy elfedheti, s emiatt nem jött létre a GLS csökkenés. *Fel nem ismert*

kardiovaszkuláris betegségek: az alacsony szenzitivitású EKG-n és anamnézisen kívül nem történtek objektív, noninvazív kardiológiai vizsgálatok a hipertonia és koronária betegség kizárására. Feltehető, hogy egyéb, a vizsgálatban felszínre nem került kardiovaszkuláris okok is állhattak a megváltozott miokardiális stiffness háttérében. Fujimoto szerint a bal kamrai stiffness a fiatal kortól a középkorig fokozatosan növekszik, és manifesztté válik 50 és 64 év között. Schwartz közleményében idős 53-65 év közötti maratoni futóknál a kontrollokkal szemben a koronária plakk volumen paradox növekedését észlelték koronária CT-vel.

A cirkumferenciális strain változásai

A testépítőkben cirkumferenciális strain csökkent, amely a megnövekedett izomtömeggel és az emelkedett vérnyomással hozható összefüggésbe és magyarázható a két csoport életkori és edzetségi sajátosságaival. Általában a cirkumferenciális strain a leginkább felelős az ejekciós frakció fenntartásáért (a futókban sem csökkent az EF a kisebb longitudinális strain ellenére), egy koncentrikusan hipertrófiás szívben azonban sokáig nem lesz észlelhető az EF csökkenése. A megnövekedett bal kamrai izomtömeg és a csökkent strain értékek közötti összefüggés jól ismert előző tanulmányokból hipertrófiás kardiomiopátia, aorta sztenózis és hipertonia indukálta hipertrófia eseteiből. A testépítők cirkumferenciális strain csökkenése alapján, valamint a szisztolés vérnyomás és a cirkumferenciális strain értékek korrelációjából patológiás remodelling gyanúja vethető fel, annak ellenére, hogy vizsgálatunkban kizártuk az artériás hipertóniát. Vélelmezhető, hogy ez a fajta bal kamra hipertrófia nem fiziológiás, és kedvezőtlenebb, mint a futók esetében. A különböző sportágakban eltérő bal kamrai mechanikai mintázat feltételezhető, mely jellegzetes lehet és megismerésük segítséget jelent átfedő patológiás állapotok felismerésében. A cirkumferenciális strain lehetőséget ad az erősportolók és az állóképességi sportolók különböző bal kamrai mechanikán alapuló elkülönítésére.

A radialis strain értékei

A radialis strain értéke nem változik meg jelentősen a vizsgált csoportok között, a maratoni futók radialis strain értéke nem volt szignifikánsan kisebb, tehát ez nem ad lehetőséget a sportolók illetve edzetlenek markánsabb elkülönítésére, mint azt a longitudinális és a cirkumfreniális strain esetében láttuk.

Következtetések a gyakorlat és a sportolók (maratoni futók) további echokardiográfiás vizsgálatai számára

A gyakorlat számára hasznosítható következtetés: a testépítők kardialis edzettsége a vizsgált echokardiográfiás módszerek, paraméterek alapján nem tér el a nem edzettekétől. Ebből adódik az a következtetés, miszerint a testépítés statikus terhelése nem alkalmas módszer a szív edzettségének kialakítására, ezért javasolható prevenció szempontból, a dinamikus terhelés – kardiotréning – beiktatása. A miokardiális mechanika mélyreható elemzésének további fejlődése szükséges ahhoz, hogy megállapítható legyen, melyik strain paraméterrel lehet differenciálni a patológiás és a fiziológiás remodellinget. Ugyanakkor a maratoni futók vizsgálatakor, a beválasztáskor az eddigieknél körültekintőbben kell eljárni, alaposabban meg kell szűrni a lehetséges rizikófaktorokat vagy a már kialakult de lappangó kardiovaszkuláris betegségeket. Az idősebb maratoni futóknál végzett tanulmányokban pedig koronária CT elvégzése szükséges a koronária betegség, plakkok felismerésére, mivel ezen eltérések jelentősen befolyásolhajták a vizsgálati eredményeket.

SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Az értekezés témájában megjelent eredeti közlemények:

Csajági E, Szauder I, Major Z, Pavlik G. (2015) Left Ventricular Morphology in Different Periods of the Training Season in Elite Young Swimmers. *Pediatr Exerc Sci*, 27: 185-191.

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

Szauder I, Kovacs A, Pavlik G. (2015) Comparison of left ventricular mechanics in runners versus bodybuilders using speckle tracking echocardiography. *Cardiovascular Ultrasound*, 13: 7.

Egyéb – nem az értekezés témájában megjelent – eredeti közlemények:

Paszi-Gere E, Barna RF, Kovago Cs, Szauder I, Ujhelyi G, Jakab C, Meggyesházi N, Szekacs A. (2015) Changes in the Distribution of Type II Transmembrane Serine Protease, TMPRSS2 and in Paracellular Permeability in IPEC-J2 Cells Exposed to Oxidative Stress. *Inflammation*, 38:775-783.

Simonyi J, Lehoczky J, Herpai Zs, Gödry A, Szauder I. (1980) Computer evaluation of human circulation based on non-invasive methods. *J Biomed Engng*, 2: 177-184.

Szauder I. (1990) Doppler echokardiográfias módszer alkalmazása a Nitromint aerosol hatásának vizsgálatában koronariabetegeken és bypass műtéten átesetteken. *Magyar Belorv Arch*, 43:2. 85-88.

Szauder I. (1991) Use of Doppler's echocardiography for the examination of Nitromint spray in coronary disease patient and in patients who underwent coronary bypass surgery. *Ther Hung*, 39: 142-144.

Szauder I. (1993) Effort angina pectoris kezelése 6 hónapon át izoszorbid dinitrát transzdermális spray-val. *Cardiol Hung*, 4: 33-39.

Szauder I. (1995) A Cordaflex spray hatása akut vérnyomás-emelkedéskor a vérnyomásra és a Doppler echokardiográfiával meghatározott szisztolés és diasztolés bal kamra funkcióra. *Med Univ*, 28: 557-559.

Szauder I. (1995) A hat hónapos Coverex kezelés után létrejött, echokardiográfiával mért bal kamrai szívizomtömeg-változás hypertóniában és korrelációja a vérnyomással. *Med Univ*, 28: 21-24.

Szauder I. (1997) A Nitromint aerosol vizsgálata terheléses EKG-val effort anginás betegekben. *Praxis*, 6: 53-55.

Szauder I, Poór F. (1997) Nitromint retard 2,6 mg tablettá hatásának vizsgálata stabil angina pectorisban. *Novitates*, 3: 23-31.

Szauder I. *Kardiológiai-hypertonológiai manuále*. Budapest, Medicina, 2004.

Szauder I. (2006) A palpitáció diagnosztikus megközelítése. *Orvostovábbképző Szemle*, 2: 63-66.

Szauder I. (2009) A hypertóniás szívbetegség és súlyossági besorolása multifaktoriális echokardiográfiás értékelés módszerével. *Csaláadorvosi Fórum*, 9: 3-7.

Szauder I. (2010) A hypertóniás szívbetegség felismerése és kezelése a háziiorvosi gyakorlatban. I. *Csaláadorvosi Fórum*, 1: 2-7.

Szauder I. (2010) A hypertóniás szívbetegség felismerése és kezelése a háziiorvosi gyakorlatban. II. *Csaláadorvosi Fórum*, 2:2-6.

Szauder I. *Kardiológiai-hypertonológiai praktikum*. Budapest, Medicina, 2013.

Szauer I, Ujhelyi G. (2012) A hipertónia kronoterápiája - individualizált kezelés a cirkadián vérnyomásprofil ismeretében. *Hypertonia és Nephrologia*, 16:10-15.

Szauer I. (2014) Eltűnt idők nyomában, avagy mechanokardiográfias adatok a keringés filozófiájához. *Cardiol Hung.* 44. 2. 133-134.