



Semmelweis Egyetem
Általános Orvostudományi Kar
Klinikai Kísérleti Kutató- és Humán Élettani Intézet



SZAKDOLGOZAT

Sportélettan

Nemi különbségek azonos edzésterhelés hatására versenytáncosokban

Keglovits Klára
Semmelweis Egyetem
Általános Orvostudományi Kar
VI. évfolyam
2014

Témavezető: Dr. Miklós Zsuzsanna, Phd.
Konzulens: Prof. Dr. Pavlik Gábor, professor emeritus

Tartalomjegyzék

TARTALOMJEGYZÉK.....	II
MOZAIKSZAVAK ÉS RÖVIDÍTÉSEK.....	III
II. TÉMAVÁLASZTÁS	1
III. BEVEZETŐ ÁTTEKINTÉS	2
III.1. SPORTTÁNC - VERSENYTÁNC	2
III.1.1. <i>A tánc mint mozgás jellemzése és élettani jelentősége. Edzéselmélet</i>	2
III.2. A szív	5
III.2.1. <i>A szív és a keringési rendszer anatómiája és működése</i>	5
III.3. SPORTÉLETTAN	18
III.3.1. <i>A szervezet és a sport.....</i>	18
III.3.2. <i>Az edzett szív kutatásának története.....</i>	19
III.3.3. <i>Edzettségi jelek</i>	21
III.3.4. <i>Sportszív vagy patológiás hipertrófia?</i>	29
III.3.5. <i>Nemi különbségek</i>	30
III.3.6. <i>Gyermekkorú és idősebb sportolók.....</i>	31
III.3.7. <i>Szakirodalmi áttekintés táncosok keringésélettanáról</i>	32
IV. KÉRDÉSFELTEVÉS. MIT VÁROK A VIZSGÁLATTÓL?	38
V. MÓDSZEREK	39
V.1. VIZSGÁLATI SZEMÉLYEK.....	39
V.2. SZÍVULTRAHANG	41
V.3. STATISZTIKAI SZÁMÍTÁSOK.....	43
VI EREDMÉNYEK.....	44
VII. ÖSSZEFOGLALÁS.....	51
VIII. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	53
IX. IRODALOMJEGYZÉK	54
X. TÁBLÁZATJEGYZÉK	58
XI ÁBRAJEGYZÉK.....	59
XII. FÜGGELÉK.....	60

Mozaikszavak és rövidítések

Ach	acetylcholin (acetilkolin)
ATP	adenozin-trifoszfát
AV	atrioventrikuláris (pitvar-kamrai)
BP	blood pressure (vérnyomás)
bpm	beat per minute (ütés per perc)
Ca ²⁺	kalcium-ion
CO	cardiac output (perctérfogat)
g/m ²	gramm per négyzetméter
g/m ³	gramm per köbméter
G _i	inhibitoros G-fehérje
G _s	stimuláló G-fehérje
H ⁺	hidrogén-ion (proton)
HCM	hypertrophic cardiomyopathy (hipertrófiás kardiomiopátia, túltengéses szívizombántalom)
Hgmm	higanymilliméter
HR	heart rate (szívfrekvencia)
IGF ⁻¹	insulin-like growth factor-1 (inzulinszerű növekedési faktor-1)
I _f	„funny” nátrium-áram
I _K ⁺	kálium-áram
I _{Ca} ²⁺	kalcium-áram
I _{Na} ⁺	nátrium-áram
JAK/STAT	Janus-kinase/Signal Transducers and Activators of Transcription (Janus-arcú kináz/transzkripció szignál transzducer és aktivátor)
K ⁺	kálium-ion
LV	left ventricle (bal kamra)
LVMM	left ventricle muscle mass (bal kamrai izomtömeg)
MAP	mean arterial pressure (artériás középnyomás)
MAPK	mitogen activated protein kinase (mitogén aktivált protein kináz)
mg	milligramm
mm	milliméter
msec	millisecundum (ezred másodperc)
Na ⁺	nátrium-ion

PTF	perctérfogat (lásd még: CO)
rel. LVMM	relativ left ventricle muscle mass (relatív bal kamrai izomtömeg)
S'	szöveti Doppler képalkotással mért szisztolés falmozgás sebessége
SERCA	sarcoplasmic/endoplasmic reticulum calcium ATPase
SV	stroke volume (vérőtérfogat)
TGF- β	transforming growth factor beta (transzformáló növekedési faktor-béta)
TPR	total peripheric resistance (teljes perifériás ellenállás)
VO ₂ max	maximális oxigénfogyasztás

II. Témaválasztás

Az edzett szív jelensége már több, mint egy évszázada ismert. A számtalan ezzel kapcsolatban fellelhető adat ellenére csak kevés olyan tanulmány létezik, amely versenytáncosok edzettségi jeleit kutatná.

A legtöbb felmérés ráadásul, ami az edzésterhelés hatását vizsgálja a szív paramétereire, kizárólag férfi sportolókról szól, ahol pedig nőket is bevonnak, az azonos sportág, akár azonos versenyszint ellenére nemenként különböző mértékű edzésterhelés nehezen standardizálható. Ezért is úttörő *Zemva* és *Rogel* cikke (1) versenytáncosok keringéselettanáról, hiszen a versenytáncos párokban egy férfi és egy nő edzésterhelése ugyanakkora, így az ebből származó statisztikai pontatlanság kiküszöbölhető.

Közleményükben kiemelik, hogy a női sportolóknál kisebb a bal kamra izomtömege a férfiakéhoz képest, ami a nők általában kisebb testméretei miatt a nem sportolókra is igaz. Az eddigiek alapján úgy tűnik, hogy az edzés sem okozza a nők szívizomzatának jelentős növekedését: a női sportolók legnagyobb részében a bal kamra falvastagsága a normális tartományban van. A nőkben ezen kívül ritkán fejlődnek ki morfológiai elváltozások, és a hirtelen szívhalál is sokkal ritkábban fordul elő, mint férfiakban.

A *sportszív* megfogalmazásuk szerint a hosszú távú edzések hatására megnövekedett bal kamrai diasztolés tágasság, falvastagság és izomtömeg, ami a fokozott kamrai terheléshez történő alkalmazkodás eredménye. (1)

A sportszív jellemzőit és összefüggéseit már részletekbe menően tanulmányozták, azonban a két nem módszertanilag korrekt összehasonlításáról alig állnak rendelkezésre adatok. Ezért választotta *Zemva* és *Rogel*, és – a tánc iránti személyes érdeklődésem mellett – ezért választottuk mi is a versenytáncos párosokat a vizsgálathoz alanynak, hiszen ebben a sportban a páros két tagját, egy férfit és egy nőt, azonos terhelés éri.

Hazai viszonylatban elsőként mutatom be a táncsport mint fizikai aktivitás hatását a szív morfológiai, funkcionális és regulációs paramétereire.

III. Bevezető áttekintés

III.1. Sporttánc - Versenytánc

A latin-amerikai táncok közé tartozik a samba, chachacha, rumba, paso doble, jive. A standard táncok az angolkeringő, tangó, bécsi keringő, slow fox, quickstep. A sorrend egyúttal a versenyeken történő előadás sorrendjét is jelzi. Versenyeket jellemzően *Latin-amerikai*, *Standard* és *Tíz tánc* kategóriákban rendeznek. (2)

III.1.1. A tánc mint mozgás jellemzése és élettani jelentősége. Edzéselmélet.

Ezen fejezet írásakor a táncról szerzett személyes tapasztalataim mellett edzéselméleti (3) (4) és sportélettani (5) (6) könyvekre támaszkodtam.

III.1.1.1. A mozgás szerkezete, a tánc mozgásvilágában jellegzetes összetevők

Téri összetevő (plasztika): a test és testrészek a tér adott pontjához illetve egymáshoz viszonyított helyzete és ennek változása. A *dinamikai összetevő* az erő kifejtés egyenletes, csökkenő vagy növekvő volta, amelynek a mozdulatok kivitelezésében, összekötésében van szerepe, és azok ritmikájára is hat.

Az *időbeli összetevő (ritmika)* behatárolja a mozdulatsorok kivitelezését, ugyanakkor lehetőséget ad különböző variációkra. A mozgás *időtartama* a zene ütemszámában mérhető, *sebessége* függ a zene tempójától (bpm, beat per minute) és attól, hogy az adott mozdulatot hány ütem alatt kell kivitelezni. Az *erőközlések időzítése* az akaratlagos izomműködés szabályozásának feltétele, különösen az összetett mozgástechnikák esetében, ahol a mozgáselemek kapcsolatainak időzítésétől függ a mozgássor hatékonysága.

Minden művészi sportágban jelentős a *kifejezés összetevő*, a mozgássorban megjelenő érzelmek.

Farfelj 1948-as csoportosítása alapján (7) a tánc *összetett aciklikus mozgás*, ezen belül általában aciklikus mozgáselemeket kapcsol össze folyamatos mozgássorrá.

A tánc leginkább *zárt jellegű mozgáskészség*, a technikát automatizált szinten, mindig ugyanúgy kell kivitelezni. Szükség lehet improvizációra, erre a táncos a mozgástanulás *kreatív finomkoordinációs* szintjén képes. A mozgást tökéletesen, *dinamikus sztereotípiaként* kell végrehajtani, részeit harmonikusan összerendezni, változó körülmények között is stabilan, azonos módon; optimális izomműködéssel, gazdaságos energiafelhasználással. A begyakorolt mozgássoron néha változtatni

szükséges, a megindított mozgásprogram átállítása különösen magas szintű koordinációs tevékenységet igényel.

III.1.1.2. Kondicionális és koordinációs képességek

A táncban összetett kondicionális és koordinációs készségek szükségesek, kiemelem a legjellemzőbbeket.

Kondicionális képességek. *Állóképesség:* versenyen, fellépésen több koreográfiát kell előadni egymás után, a legmagasabb technikai szinten, kifáradás, a koncentráció és pontosság romlása nélkül.

Gyorsaság: elsősorban mozdulatgyorsaságra van szükség, az elem végrehajtása dinamikusabb, ha a zenei ütemben késleltetve, rövidebb idő alatt történik.

*Erő: abszolút erő** főleg az akrobatikus elemeknél szükséges. Az antigravitációs és a törzsizmok folyamatos izometriás kontrakciója az egyensúly megtartásához, a vállövé és a karé a tánctartáshoz. Izotóniás izom kontrakciókat hajtunk végre például a láb emelésénél vagy hajlításánál (plié). *Gyorsasági erő:* az egymást követő gyors lépések, szökdelések többszöri, viszonylag nagy erő kifejtésekkel hajthatók végre.

Ízületi mozgékonyaság: a kondicionális és koordinációs képességek közé is sorolható. Már alacsony versenyszintűben is fontos például a csípőízületek lazasága, ettől lesznek a mozdulatok nagyok. Magasabb osztályban különleges elemek is beépíthetők, ezt a lehetőséget egy minden ízületében hajlékony táncos tudja kihasználni. Fiatal korban látványosan fejleszthető.

Koordinációs képességek. *Koordinációs gyorsaság:* a nagy sebességgel kivitelezett mozdulatoknak is tökéletes technikával kell megvalósulniuk, a zene nélkül megtanult technikai elem zenére is azonos módon kell megtörténni.

Mozgásérzékelés: a kinesztézis a legtöbb sportban fontos szerepet kap, a propriocepció minden esetben a mozgásszabályozás fontos eleme. Művészi sportokban különösen hangsúlyos, hiszen a mozdulat szépsége, pontossága megköveteli, hogy a táncos tisztában legyen testrészeinek térben való elhelyezkedésével és mozgásával anélkül, hogy látná azokat.

* Az erő-képesség felosztása abszolút és relatív kategóriákba azt jelenti, hogy a sportoló testtömegétől függetlenül vagy annak arányában értelmezzük az izom összehúzóással kifejtett munka, teljesítmény mértékét. (3)

Egyensúlyozás: elsősorban dinamikus egyensúly, mozgás közben kell megtartani a folyamatosan változó egyensúlyi helyzetet, a két táncos közös egyensúlyát.

Ritmusérzék: a zenére bemutatott formagyakorlatokat használó sportágak esetén ez az egyik legfontosabb képesség, hiszen a lépéseken túl a táncos egész teste minden mozdulatának illeszkednie kell az ütemre.

Téri tájékozódás: a standard táncok lépéssorát a táncparketten az óramutató járásával ellentétes irányban, körben kell előadni, hosszú és rövid oldalon, majd megismételni a parkett ellentétes sarkából. A tánctermekek és versenyhelyszínek parkettjei nem szabványméretűek, így előfordulhat, hogy a hosszú vagy rövid oldalra megtanult sor közben irányt kell változtatni. A figurák iránya a táncirányhoz képest van megadva, a táncirány pedig a teremben körbeháldó vonal, ehhez kell igazodni, függetlenül attól, hogy a páros a teremben hol helyezkedik el. A latin táncok figuráiban a táncosok frontjához képest van leírva a lépések iránya, itt a táncosnak saját magához és partneréhez fontos viszonyítania, hogy valóban a megadott szögben forduljon el, vagy éppenséggel megtartsa az adott irányt.

III.1.1.3. Versenyfelkészülés

A versenyre történő felkészülésnek a koreográfiák begyakorlása és technikai csiszolása mellett az erő és állóképesség fejlesztése is nagyon fontos részét képezi.

Ehhez a táncosok, párosonként együtt, azonos intenzitással, ugyanazokat a gyakorlatsorokat végzik, egy-egy speciális, a táncban betöltött szerep miatt szükséges feladattól eltekintve.

Egy kiegészítő edzés felépítése a következő: futás (a csúcsforma időzítéséhez közeledve egyre nagyobb táv), gimnasztika, futóiskola sorozatok, gerincstabilizáló gyakorlatok, láberősítés (lépcsőzések, szökdelések), központ erősítése (felváltva has- és hátizom sorozatok).

A különbség: a páros férfi tagjának a táncartáshoz több kar- és vállerősítés, a nőnek több nyújtó-hajlító gyakorlat szükséges. Egyébként minden gyakorlatból ugyanannyit végeznek.*

* Vizsgálatunkban részt vevő versenyző párosok és edzők elmondása alapján.

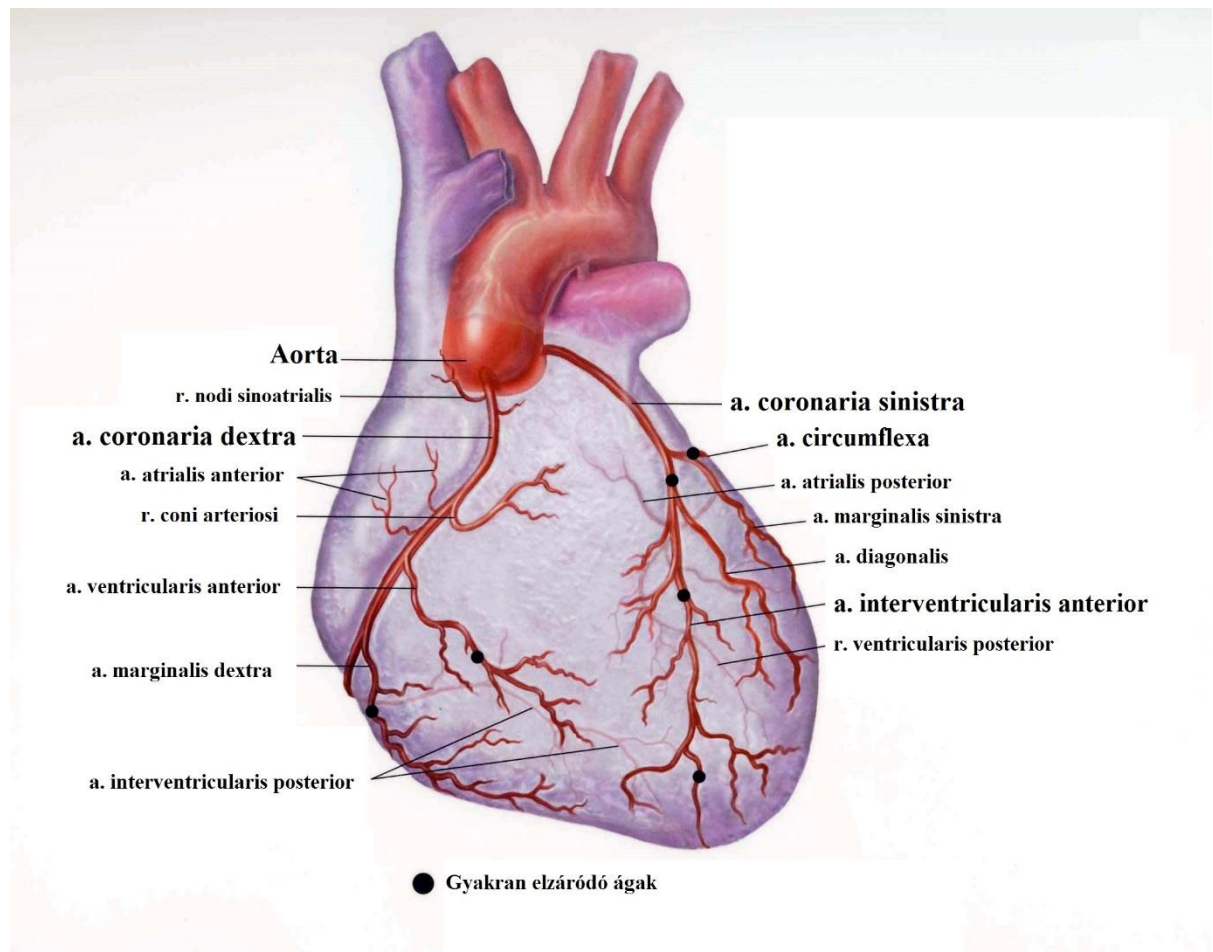
III.2. A szív

Ebben a fejezetben a külön nem hivatkozott részek tankönyvi (8) adatok.

III.2.1. A szív és a keringési rendszer anatómiája és működése

III.2.1.1. Vérkeringés, hemodinamika

Anatómia



1. ábra. A szív vérellátása.

A szív vérellátását a koszorúerek biztosítják, a jobb arteria coronaria főleg a jobb szív felet látja el, a bal két fő ágra oszlik, az elülső leszálló és a circumflexa ágakra, ezek elsősorban a bal szív fél vérellátásért felelnek (a két fő koszorúér valódi ellátási területe változó, az emberek nagyjából felében a jobb ág dominál).

Az ábra forrása: www.edoctoronline.com.

A szív obligát aerob szerv, és a folyamatos oxigénellátás mellett folyamatos tápanyagellátásra is szorul, mert saját tartalékai nagyon rövid ideig fedezik szükségleteit.

Ez a szünet nélküli vérellátás azonban könnyen zavart szenvedhet, az artériák úgynevezett végágasak, közöttük anasztomózis nincsen, ellátási területükért egyedül felelnek, elzáródásuk esetén az adott szívizomrostok elhalnak. Az emberi halálozás egyik leggyakoribb oka a koszorúerek elzáródása miatti szívizom iszkémia. (9)

A kapilláris hálózat ugyan alapvetően sűrű, nagyjából minden izomrostra jut egy kapilláris, azonban ha a valamely oknál fogva kórosan megnövekedett izomtömeg jobban gyarapszik, mint az ér hálózat, az oxigén- és tápanyagellátás zavart szenvedhet.

Ezzel szemben az edzésterhelésnek kitett sportolóknál a már korábban említett változások mennek végbe: a rendszeres izommunkához alkalmazkodott szíven az artériák átmérője nagyobb (10), valamint a neoangiogenezisnek köszönhetően sűrűbb kapilláris hálózat (10) fejlődik ki.

A koszorúerek áramlása nyugalomban a perctérfogat 5%-át (11) teszi ki. Százalékban kifejezve ez intenzív izommunka alatt sem több, azonban a vázizomzaton kívül a többi szerv áramlásának csökkenését és a perctérfogat növekedését figyelembe véve ez tulajdonképpen ötszörös, edzett személyekben akár hétszeres (8) áramlásfokozódást jelent.

Hemodinamika

Az ember keringése zárt rendszer: két sorosan kapcsolt vérkör számos párhuzamosan kapcsolt területtel.

A *nyomásfő* a vérkörök kiindulási és végpontja közötti nyomáskülönbséget jelenti. A szív pumpaműködése és az érrendszer ellenállása tartja fenn. A szív működésének energiája mozgási energiává és hővé alakul, valamint a rugalmas érfalakban tárolódik, és onnan a diasztolé alatt kerül felhasználásra a vér továbbítására.

Az *áramlás intenzitása* adott perfúziós nyomáson az érrendszer ellenállásától függ: kisebb ellenállás az áramlást növeli, nagyobb ellenállás pedig csökkenti. A szervek vérellátását az egész keringésben nagyjából azonos perfúziós nyomás biztosítja, így egyes szervek részesedése a perctérfogattól az adott vérellátási terület ereinek ellenállásától függ.

A *teljes perifériás ellenállást* (total peripheral resistance, TPR) a *nyomásfő* és a perctérfogat (PTF vagy cardiac output, CO) hányadosaként kapjuk és a rezisztencia erek összesített ellenállását értjük alatta.

III.2.1.2. Szívműködés

A szív: elektromechanikus pumpa. Akciós potenciálok sorozata hozza létre egymás után a szisztolékat és diasztolékat. Működése kétféleképpen szabályozott: egyrészt automácia érvényesül, tehát a szinusz-csomó, illetve kiesése esetén a pitvarkamrai (AV, atrioventrikuláris) csomó sejtjei önálló ritmusgenerátorként funkcionálnak, amik az összehúzódásokat indukálják; másrészt az autonóm (vegetatív) idegrendszer szimpatikus és paraszimpatikus tónusa is befolyásolja a szív ingerképző és ingervezető sajátosságait. A szinusz-csomó endogén ingerképzési frekvenciája 100 ütés/perc, felülvezérli a lassabb (40-55 ütés/perc frekvenciájú) AV-csomót, míg ez utóbbi az ingerületvezetést lassítja, annak érdekében, hogy a kamrai szisztolé csak a pitvari kontrakció után történjen meg.

A keringési rendszernek már a nyugalmi értékeit is saját belső tulajdonságain felüli idegi tevékenység szabályozza. Így például a szívfrekvenciát nem csak a szinusz-csomó automáciája (100 ütés/perc) állítja be, hanem autonóm idegrendszeri efferensek is: a szimpatikus rostok és a nervus vagus. Az erek bazális tónusára szintén ráakódik a szimpatikus beidegzés hatása is (nyugalmi szimpatikus noradrenerg vazokonstriktor tónus), ez a különböző szervekben eltérő mértékű, a koszorúerekben például kisebb.

A nyugalmi értékek minden változásra reagálnak, a legnagyobb még élettani adaptáció az izomtevékenységet és a környezet hőmérséklet ingadozásait követi.

A szívfrekvencia szabályozása

A szívfrekvencia szabályozása tehát úgynevezett reciprok beidegzéssel történik, az említett szimpatikus és paraszimpatikus hatások mértékének ellentétes irányú ingadozása befolyásolja.

A szimpatikus hatást a béta-adrenerg receptorok közvetítik, ez a nyúltvelőből induló presszorválasz részjelensége. A szimpatikus vazokonstriktorok és a szívhez futó rostok együttes aktiválásának eredményeképpen a szívfrekvencia gyorsul, az összehúzódások ereje fokozódik és az artériás vérnyomás emelkedik. A paraszimpatikus beidegzésért a nervus vagus felelős, amely közvetlenül is gátolja a szívet, frekvenciacsökkentő (negatív kronotróp) és ingervezetést lassító (negatív dromotróp) hatással bír. Ezt idézi elő a depresszorválasz részeként a szívhez és a rezisztencia erekhez futó szimpatikus rostok aktivitásának csökkenése is.

Nyugalomban a paraszimpatikus tónus dominál, melynek eredményeképpen – tankönyvi adatok szerint – az egészséges, fiatal felnőtt átlagos nyugalmi pulzusszáma hanyatt fekvő helyzetben 72 ütés/perc.

A keringési rendszerben elhelyezkedő szenzoros zónák is hozzájárulnak a szívfrekvencia befolyásolásához.

A carotis szinuszban és az aortaívben található *magasnyomású baroreceptor* zónák a vérnyomás emelkedésére érzékenyek. A válasz a nervus vagus által közvetített rövid távú negatív kronotróp és dromotróp hatást.

Az *alacsonynyomású* rendszer *volumenreceptor* zónái a vena cavákban és pulmonalisokban, a pitvarokba szájadzás előtt helyezkednek el és az alacsonynyomású szakasz telítettségét érzékelik. A vazopresszin, valamint közvetve a renin és az aldoszteron elválasztására hatnak, így a vérnyomás hosszabb távú szabályozásában játszanak szerepet.

Oxigénhiány a glomus caroticum és aorticum artériás *kemoreceptorain* keresztül vált ki perifériás vazokonstriktiót, a teljes perifériás ellenállás növekedését és az artériás középnyomás emelkedését.

Sejtszintű elektrofiziológia

A szinusz- és az AV-csomókban spontán depolarizáció zajlik. Akciós potenciáljuk nagyjából 200 msec ideig tart, lassú típusú, kulcsfontosságú a kalciumionok beáramlása, és lassú ingervezetést eredményez.

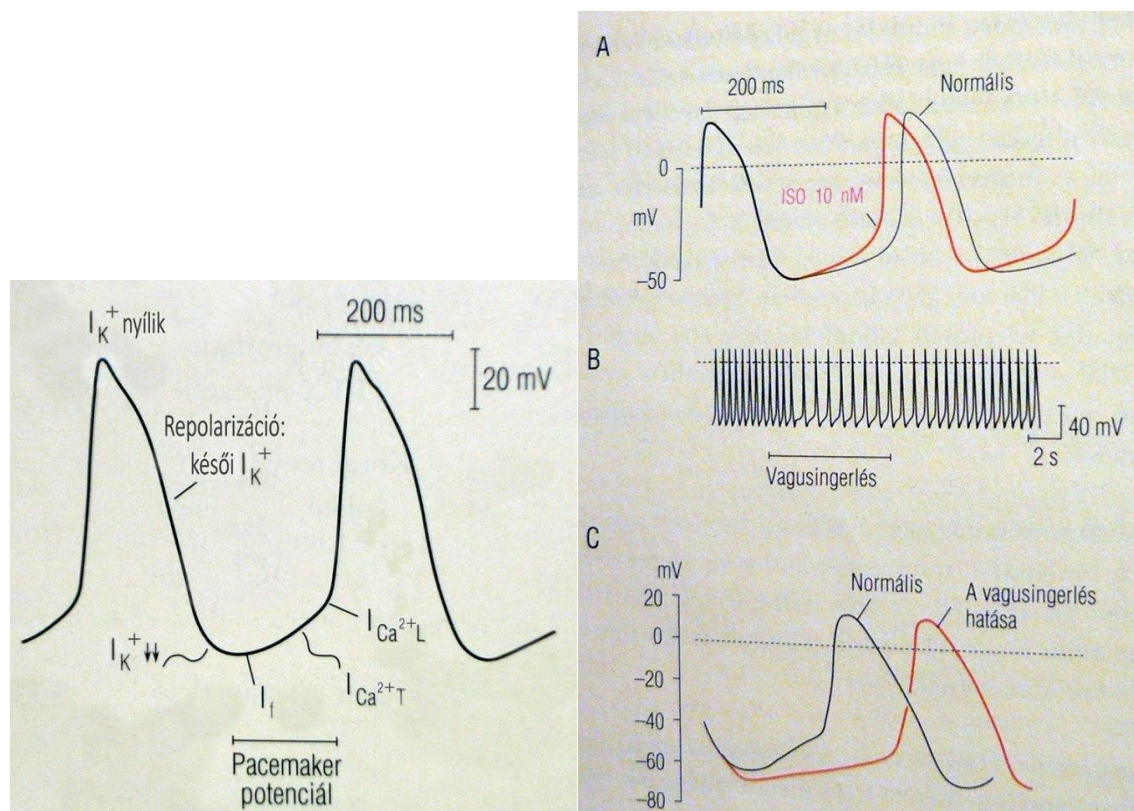
A szinusz-csomóban a szimpatikus izgalom hatására az endogén frekvencia nő. Az ingerületet noradrenalin közvetíti béta-1-receptorokon, amelyek G_s -fehérjék és az adenil-cikláz aktiválásán keresztül emelik a sejtben belüli cAMP-szintet. Ennek eredménye az úgynevezett I_{funny} -áram* által létrehozott gyorsabb diasztolés depolarizáció, a küszöbpotenciál negatívabb, a maximális diasztolés potenciál pozitívabb értéke, rövidebb akciós potenciál és ciklushossz, végső soron magasabb szívfrekvencia.

* A különleges módon hiperpolarizációra nyíló nátrium-csatornákon beáramló úgynevezett „funny” (furcsa) nátrium-áram (I_f) segíti vissza a sejteket a pacemaker potenciál szintjére. Innen indul azonnal tovább az új ciklus, az előbb említett spontán diasztolés depolarizációval.

A paraszimpatikus hatásokat acetilkolin közvetíti, egyrészt muszkarinos acetilkolin receptorokon, ami G_i -fehérje, az adenil-ciklázt gátolja, így a cAMP-szint csökken, amelynek eredményeképpen az I_{funny} -áram lassabb diasztolés depolarizációt hoz létre. Másrészt létezik egy acetilkolin érzékeny kálium-csatorna is (I_{K^+ACh}), amelynek nyílása sejtből kifelé irányuló kálium-áramot és ezen keresztül hiperpolarizációt eredményez, vagyis a depolarizáció negatívabb potenciálról indul, tovább tart, amíg felfut a küszöbpotenciálra. Mindez lassítja a szívfrekvenciát.

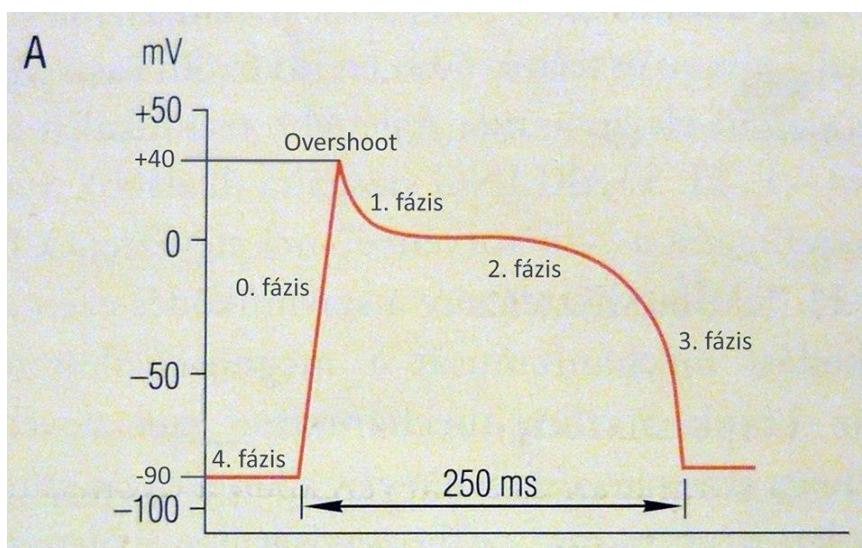
Az AV-csomón a szimpatikus ingerület a befelé irányuló kalciumáramot fokozza, így az akciós potenciál meredekebb, nagyobb amplitúdójú lesz. Ez az AV-csomón az ingerületvezetést gyorsítja. A diasztolés depolarizáció is gyorsulhat, ez azonban már veszélyes: extraszisztolékhoz vezethet. A paraszimpatikus ingerület az acetilkolin érzékeny kálium-csatornák nyílásán keresztül hiperpolarizációhoz, az ingerületvezetés lassulásához vezet. Ennek mértéke akár AV-blokkig, az ingerületvezetés teljes leállításáig fokozódhat.

A szinusz-csomó akciós potenciálját az azt létrehozó ionáramokkal, illetve változásait szimpatikus és paraszimpatikus hatásra az 2. ábra szemlélteti, a szívizomsejtek lassú típusú akciós potenciálját pedig a 3. ábra.



2. ábra. A szinusz-csomó akciós potenciálja

Fonyó-Ligeti (8) után.



3. ábra. A szívizomsejtek akciós potenciálja.

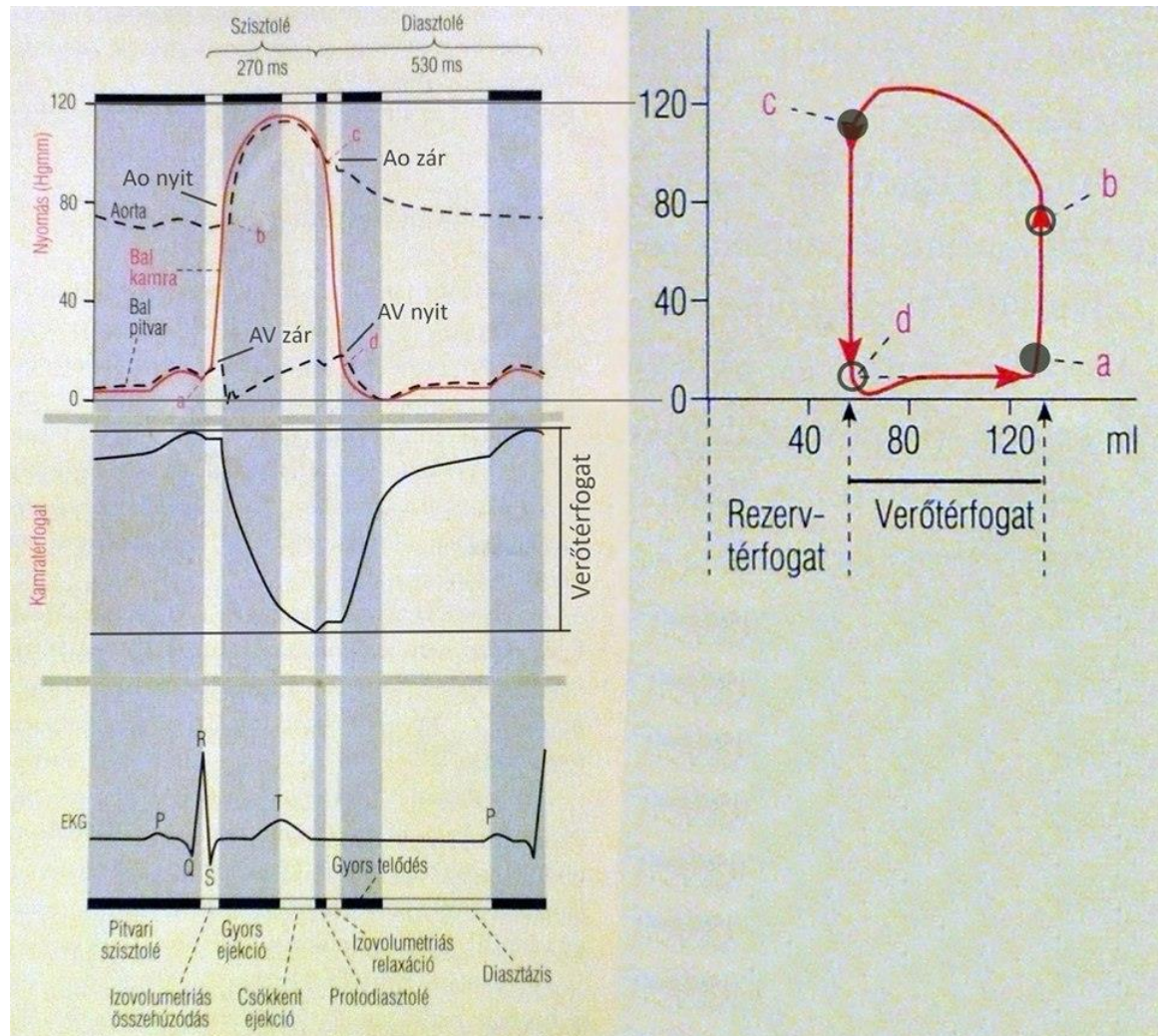
Fonyó-Ligeti (8) után.

- 0. fázis: depolarizáció (upstroke), nátrium áram hozza létre, túllövésig (overshoot)
- 1. fázis: korai repolarizáció, tranziens kálium áram hozza létre
- 2. fázis: plató szakasz, kalcium áram ellensúlyozza a kálium áramot
- 3. fázis: késői repolarizáció a késői kálium áram hozza létre
- 4. fázis: nyugalmi potenciál.

Szív ciklus, elektrokardiogram

A gyors típusú akciós potenciál által létrehozott elektromos szisztolé nagyjából 0,3 másodpercig tart, a teljes szív ciklus 0,8 másodperc, 72/perces szívfrekvencia esetén.

Mechanikai szív ciklus és a bal kamra munkadiagramja



4. ábra. Szív ciklus és a bal kamra munkadiagramja.

Az ábrát a Fonyó-Ligeti tankönyv (8) alapján szerkesztettem meg.

Rövidítések és jelölések: „a” – AV zár = mitrális billentyű záródik, „b” – Ao nyit = aorta billentyű nyílik, „c” – Ao zár = aorta billentyű záródik, „d” – AV nyit = mitrális billentyű záródik.

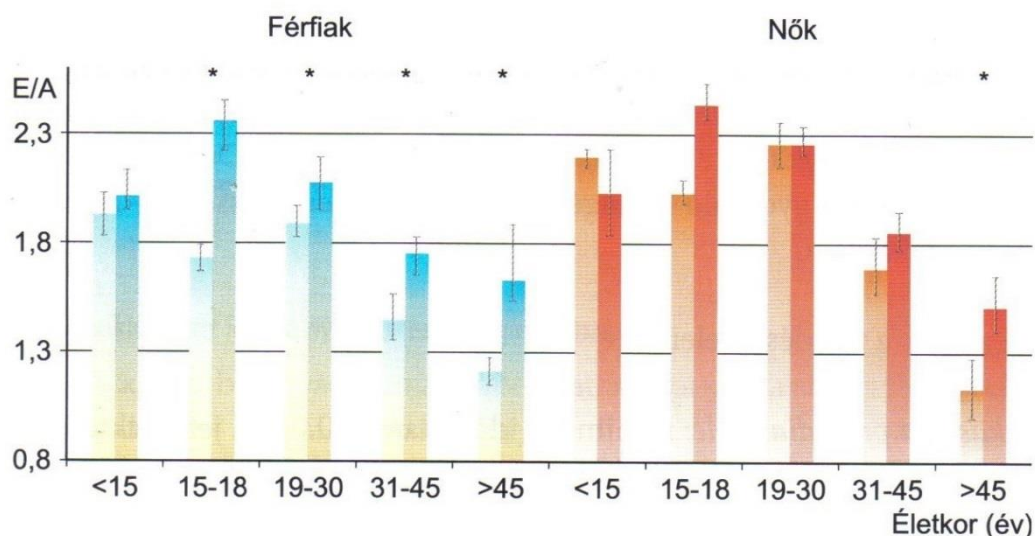
Diasztolé: a repolarizáció után zárt aorta- illetve pulmonális billentyűk mellett a bal pitvari nyomás (8 Hgmm) a bal kamrában uralkodó (5 Hgmm) fölött van, hasonló a helyzet a jobb szívfélben. A pitvar kamrai (AV, atrioventrikuláris) billentyűk kinyílnak, a vér a pitvarokból a kamrákba áramlik. Ennek két fázisa van, egy korai (E, early) és egy

késői, más néven atrialis (A) hullám. A korai a nyomásviszonyok miatt történik meg, a késői pedig a pitvarok aktív kontrakciójának eredménye.

A mitrális szájadékon mért E/A-hányados, vagyis a bal kamra korai és késői telődésének aránya a diasztolés funkciót jellemző paraméter. Értéke függ a szívfrekvenciától, a diasztolé hosszától és az életkortól. Átlagosan az A-hullám a telődés nagyjából 20%-áért felelős, a frekvencia csökkenésével a diasztolé ideje megnyúlik, így a késői telődésre eső rész aránya lecsökken, az E/A-hányados értéke növekszik.

Ezt a jelenséget megfigyelték edzett szíven, ott azonban a diasztolés funkció javulása már nem csak a szívfrekvencia csökkenésének következménye, hanem független eredménye a szív terheléshez történő alkalmazkodásának is.

Az életkor előrehaladtával a pitvari kontrakció által létrehozott telődésre egyre nagyobb hányad esik, 50 év fölött már akár 40% is (8), ami azt jelenti, hogy az E/A-hányados értéke a korrallal csökken. Ez a kamra ellazulási képességének romlásával magyarázható.



Kék oszlopok: férfiak
 Piros oszlopok: nők
 Világosabb oszlopok: nem edzettek
 Sötétebb oszlopok: edzettek

*szignifikáns különbség edzett és nem edzett csoportok között

5. ábra. Az E/A-hányados különböző életkorú férfiakban és nőkben.

Dr. Pavlik Gábor (6) után.

Szisztolé: a pitvari szisztolé után a bal és jobb kamrai nyomás a beáramló vértől megnövekszik, az AV-billentyűk zárnak. Ekkor a kamráknak mind a be-, mind a kiáramlási oldalán található billentyűk zártak, a kamrák kontrakciója izovolumetriás, tehát azonos térfogat mellett történik, csupán a nyomás emelkedik meredeken (a bal kamrában 120 Hgmm-ig, a jobb kamrában 24 Hgmm-ig).

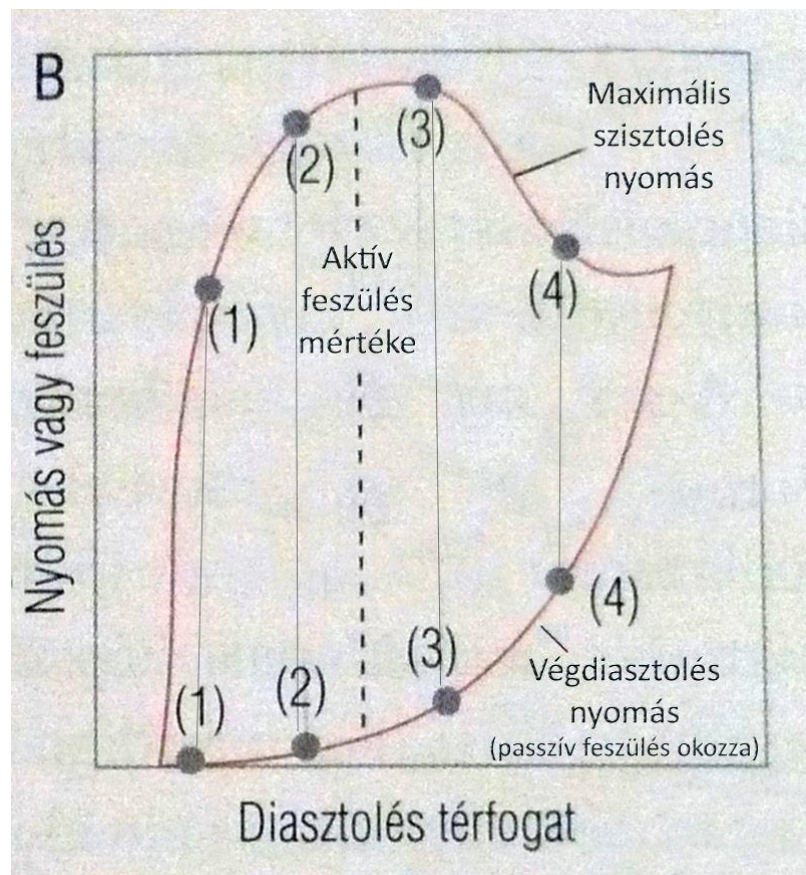
Az aorta, illetve a truncus pulmonalis nyomását elérve a szemilunáris (aorta és pulmonális) billentyűk megnyílnak, az ekkor következő izotóniás kontrakció során a nyomás a kamrákban már alig változik, viszont bekövetkezik az ejekció, melynek során 70-80 ml vért pumpál a bal kamra az aortába. A jobb kamra verőtérfogata értelemszerűen közel azonos a bal kamráéval, a légzésziklussal ugyan kissé ingadozik, de összességében átlagosan ugyanannyi.

Az ejekció gyors szakasza alatt tetőzik a nyomás, a volumen 80%-a ekkor ürül, majd a lassú szakasz alatt a nyomás csökkenni kezd, a verőtérfogatnak pedig a maradék 20%-a ezen idő alatt kerül az aortába. Ejekciós frakciónak nevezzük a verőtérfogat és a végdiasztolés térfogat hányadosát, vagyis azt az arányt, hogy a kamrában lévő vér mekkora része ürül egy szívciklus során az aortába. Ez a klinikumban is használatos mérőszám jól leírja a bal kamra szisztolés funkcióját, szívelégtelenségben jelentősen csökken.

A kardiovaszkuláris szabályozás

Az összehúzódások erejének szabályozása

Heterometriás szabályozás: Frank-Starling mechanizmus



6. ábra. Frank-Starling mechanizmus.

A kontrakció erősségének szabályozása a végdiasztolés rosthosszúság függvényében.

Fonyó-Ligeti (8) nyomán.

A kontrakció erőssége a szívizmok kezdeti (végdiasztolés) rosthosszúságától függ. A végdiasztolés térfogat, és így a rosthosszúság növekedésével a kontrakció ereje eleinte növekszik, míg el nem ér egy kritikus rosthosszt. Ennek magyarázata a kontrakciós apparátus kalcium-érzékenységének fokozódásában rejlik, ez ugyanis a rosthossztól függ. A kalcium hatására így több kereszthíd alakul ki (nő az összehúzódás ereje), és nagyobb lesz a megrövidülés sebessége is (gyorsabb kontrakció).

A 4. ábrán a végdiasztolés térfogat által létrehozott passzív előfeszítés függvényében látható a szisztolés nyomás, a két görbe közötti távolság az aktív feszülés generálás mértéke.

Homeometriás szabályozás: pozitív inotrop hatás

Ezen mechanizmus esetén a kontrakció erősségének szabályozása változatlan diasztolés rosthosszúság mellett történik. A szimpatikus idegrendszer noradrenalin, a mellékvese velő adrenalinnal járul hozzá ehhez. Mindkét anyag béta-1-receptorokon hatva, Gs-fehérjéken keresztül aktiválja az adenil-cikláz, így nő a sejtben a cAMP mennyisége, ami a kalcium-csatornák foszfokináz-A általi foszforilálását segíti elő, így megnövekszik a sejtbe áramló kalcium mennyisége. Magasabb intracelluláris kalcium-koncentráció pedig pozitív inotrop (12) hatással bír, tehát a szív kontrakciójának ereje fokozódik.

Falfeszülés, Laplace-törvény

Az üreg sugarának növekedésével a kontrakciókor kifejtett nyomás csökken. Ez jelenti a heterometriás szabályozás határát, ugyanis a megnyúló kardiomiociták által kifejtett nyomásfokozódást egy bizonyos határon túl korlátozza. A kórosan kitágult szívben a nyomás emeléséhez nagy falfeszülés, nagy energiafelhasználás válik szükségessé.

A perctérfogat szabályozása

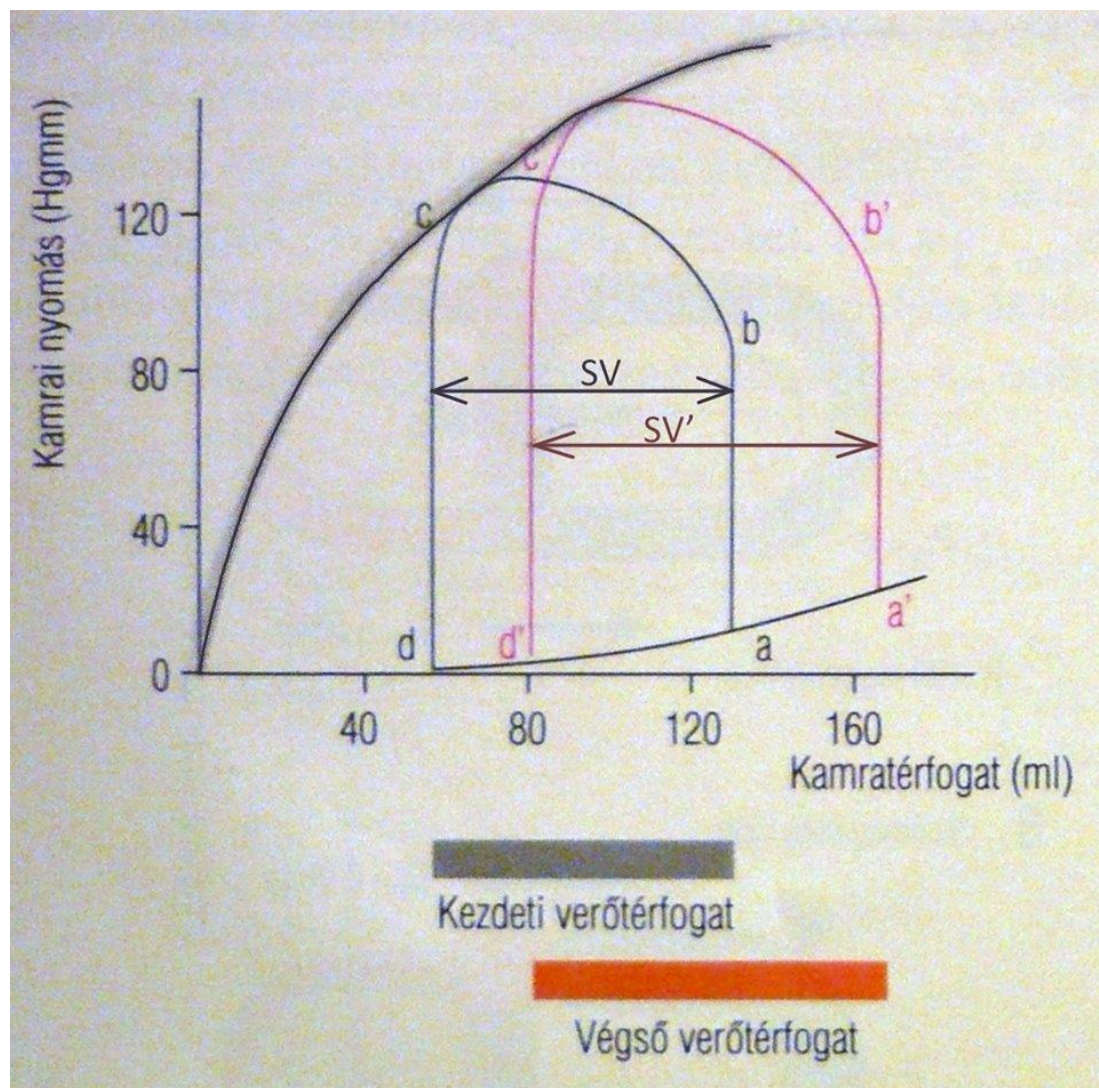
A perctérfogat (CO, cardiac output) a szívfrekvencia (HR, heart rate) és a verőtérfogat (SV, stroke volume) szorzatával egyenlő. A verőtérfogatot a végdiasztolés és a végszisztolés kamratérfogatok különbségeként kapjuk.

$$CO = HR \times SV = HR \times (EDV - ESV)$$

Ebből a képletből jól látszik az a három fontos tényező, amelyen keresztül a perctérfogat befolyásolható. Ezek közül most csupán az utóbbi kettővel foglalkozunk részletesen.

Az előterhelés (preload)

A Starling szív-törvénye arról szól, hogy a bal kamrai kontrakciók ereje – és ezáltal a verőtérfogat – alkalmazkodik a végdiasztolés térfogat változásaiban megnyilvánuló vénás beáramláshoz. A vénás beáramlás növekedése növeli a végdiasztolés térfogatot, ennek következményeként nő a verőtérfogat. Az új egyensúly a bal kamra jobbra tolt munkadiagramjáról leolvasható állapot (7. ábra), nagyobb verőtérfogat nagyobb végdiasztolés és végszisztolés térfogat mellett. A hurokgörbe által bezárt terület a végzett munkával arányos, ami szintén meg fog növekedni. Ezt nevezte Starling a keringés autoregulációjának.



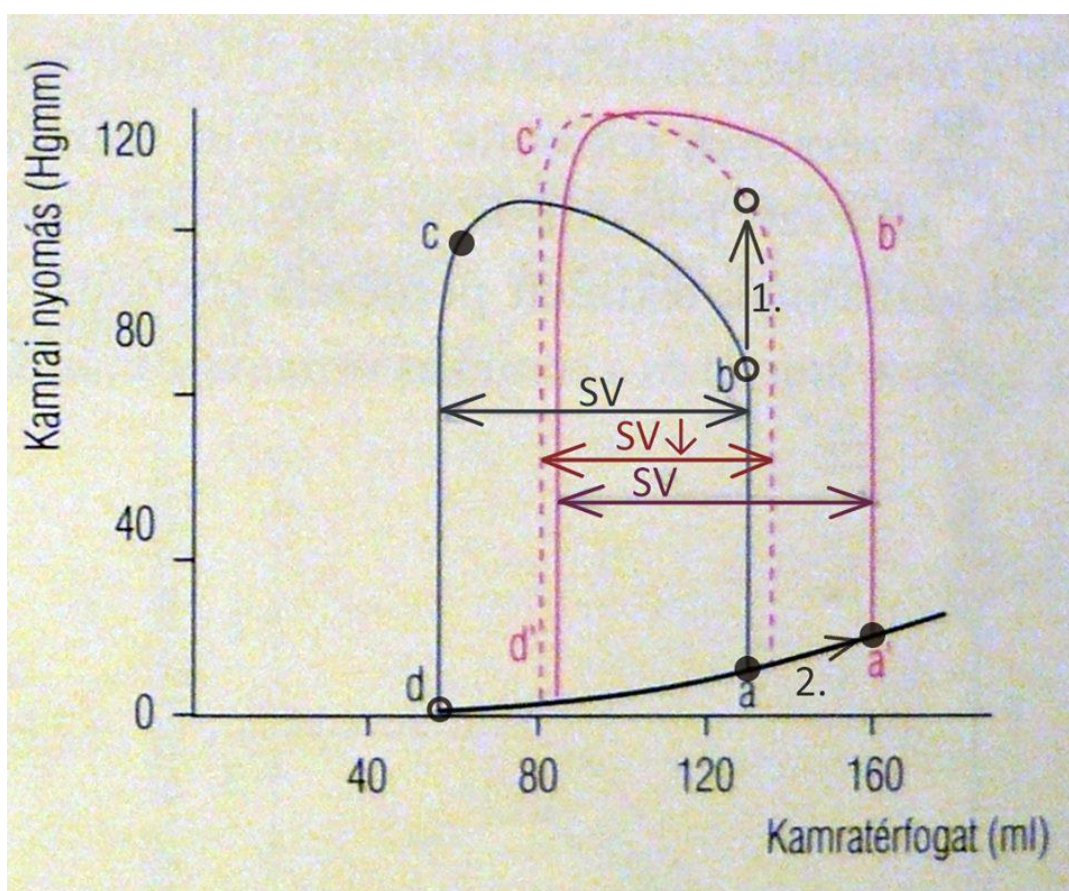
7. ábra. A verőtérfogat szabályozása az előterhelés változtatásával.

Fonyó-Ligeti (8) alapján. Rövidítések és jelölések: „a” – mitrális billentyű záródik, „b” = aorta billentyű nyílik, „c” – aorta billentyű záródik, „d” – mitrális billentyű záródik.

SV = stroke volume. A vesszővel jelölt betűk a szabályozás utáni értékek.

Az utóterhelés (afterload)

A teljes perifériás ellenállás növekedésével az aortabillentyű csak magasabb nyomáson lesz képes megnyílni, így az ejekció később kezdődik, vagyis rövidebb ideig fog tartani, emiatt a verőtérfogat kisebb lesz, több vér marad a bal kamra üregében, tehát a végszisztolés térfogat nagyobb. Emellett azonban a vénás beáramlás nem változik, tehát a végdiasztolés térfogat is nő, méghozzá jobban, mint a végszisztolés. Emiatt az izomrostok nyúlnak, ami erőteljesebb kontrakciókhoz vezet (lásd Frank-Starling mechanizmus), ez néhány szívciklus alatt visszaállítja a kiindulási verőtérfogatot, magasabb végdiasztolés és végszisztolés térfogat mellett, ahogyan azt a 8. ábra is mutatja.



8. ábra. A verőtérfogat szabályozása az utóterhelés változtatásával.

Fonyó-Ligeti (8) alapján. Rövidítések és jelölések: „a” – mitrális billentyű záródik, „b” = aorta billentyű nyílik, „c” – aorta billentyű záródik, „d” – mitrális billentyű záródik.

SV = stroke volume. Először a „b”-pont tolódik az 1. nyíllal jelzett módon, majd a szabályozás életbeléptével az „a”-pont a 2. nyíllal jelzetten. Így az eleinte csökkent SV (SV↓) helyreáll (SV'), de a nagyobb ellenállással szemben a szív csak nagyobb munkavégzéssel képes biztosítani ugyanazt a verőtérfogatot.

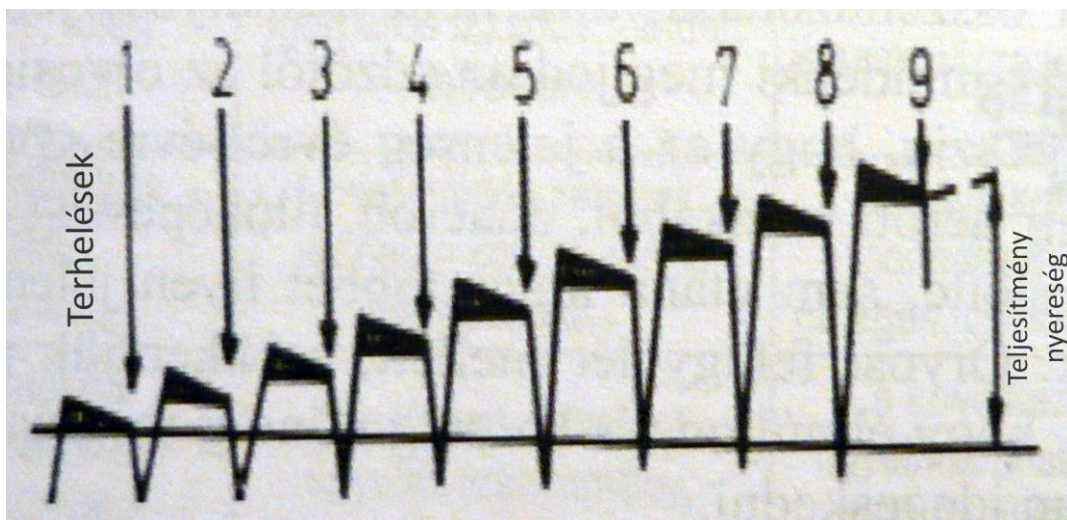
III.3. Sportélettan

III.3.1. A szervezet és a sport

III.3.1.1. A homeosztázis

Az ember fizikai teljesítményének a belső környezet állandóságát fenntartó képessége szab határt, illetve az, hogy mennyire képes a szervezet elviselni az állandóságtól való eltérést, tehát milyenek a tartalékai.

A homeosztázis megbomlása alkalmazkodási, kompenzációs reakciót vált ki. Az egyensúlyi helyzetből történő sorozatos kibillenés, vagyis a rendszeres edzések hatása egy szervezetszintű adaptációs folyamat, végső soron ezt a terheléshez történő alkalmazkodást nevezzük edzettségnek. A sportoló így lesz képes egyre nagyobb teljesítményre, az adott sporttevékenységet egyre hosszabb ideig tudja fáradás nélkül folytatni, valamint lerövidül a regenerálódáshoz szükséges idő. (3) Ezt mutatja a 9. ábra.



9. ábra. Sorozatos edzésterhelések növelik a teljesítményt

Dubecz József (3) nyomán. A számok az egymás utáni edzésterheléseket jelzik, melynek során létrejön a fáradás, a pihenési szakaszban megtörténő kompenzáció pedig minden következő alkalommal nagyobb teljesítményre teszi majd képessé a sportolót.

Az edzésterheléshez történő alkalmazkodás fontos részét képezi a szív és a keringési rendszer alkalmazkodása. Dolgozatomban elsősorban az edzett szív témáját járom körül, de ide tartozik még a vértérfogat és a vér összetétele (a sejtes elemek aránya, valamint a plazma és a benne található ionok, fehérjék, anyagcsere alapanyagok és melléktermékek).

I.1.1.1 Az edzett szervezet egyéb tulajdonságai

A vér vegyhatása élettanilag szűk határok között mozoghat (pH 7,37-7,35) (11), fizikai megterhelés (edzés, versenyzés) hatására savas irányba tolódik el, az energianyerő folyamatok során képződő anyagcsere melléktermékek, elsősorban a laktát felszaporodása miatt. A laktát- (savasodás-) tűrő kapacitás növekedése az anaerob terheléshez való alkalmazkodás részjelensége.

A sejtek – így a vázizomrostok és a szívizom – működése is energiaigényes folyamat. Ehhez a háttérrel a nagyenergiájú (makroerg) foszfátkötésben tárolt biokémiai energia jelenti, elsősorban az ATP (adenozin-trifoszfát). A fizikai munkavégzés a szervezet oxigénigényét fokozza, ezt a szervezet a légzés térfogatának és frekvenciájának emelkedésével elégíti ki. A nagyobb mennyiségű oxigéndús vér célszervekhez szállítását a szív perctérfogatának növelése biztosítja, a rendszeres edzések hatására a szívben egy strukturális, funkcionális és szabályozásbeli átalakulás megy végbe, melynek összessége az edzett szív. (3)

Az edzett szervezetben a tüdő több oxigént képes biztosítani, a vázizmok a vérből szintén több oxigént vesznek fel, nagyobb a maximális oxigénfogyasztás, így nagyobb az arteriovenózus oxigénkoncentráció különbsége, ezzel összefüggésben alacsonyabb a vér laktát szintje. (13)

III.3.2. Az edzett szív kutatásának története

A sportszív definíciója: egy sportolónak a hosszas edzésterhelések által kiváltott szív-érrendszeri alkalmazkodást mutató szíve. A sportszív egy élettani adaptáció, ami megnövekedett fizikai teljesítményre teszi képessé a sportolót, valamint előnyös tulajdonságokat fejleszt ki, amivel elkerülhető néhány szívbetegség.

Összefoglalva a főbb élettani jellemzőket, megállapíthatjuk, hogy a sportszív vagy más néven edzett szív egy megnagyobbodott, de egyebekben normális szív, melynek alacsony a frekvenciája, de megnövekedett a pumpafunkciója, és így több oxigént képes továbbítani a vázizmokhoz. (10)

Először már 1899-ben leírták a sportszív jelenségét. *Henschen* megfigyelte, akkor még kizárólag a fizikális vizsgálatra támaszkodva, hogy sífutók szíve megnagyobbodott, ami mind a bal, mind a jobb szív felet érintette. Ezt élettani, hasznos elváltozásnak tekintette, hiszen így a szív nagyobb munkára képes. (14)

A XX. század közepétől a mellkasröntgenen képszerűen is megjeleníthetővé vált a megnagyobbodott szív. Kimutatták, hogy sportolóknál ez jellegzetes, elsősorban a nagy aerob kapacitást igénylő állóképességi sportot űzőkben. Ekkor már felmerült egyes szerzőkben, hogy ez káros elváltozás lehet, hiszen a folyamatos terhelés rontja a szív funkcióját és szívelégtelenséghez vezethet. (15)

Az 1960-70-es évektől elterjedt, *Edler és Hertz* (16) nevéhez fűzhető 2-dimenzionálisan irányított M-mód echokardiográfia, majd később a szívspecifikus mágneses rezonancia képalkotás (CMR, kardio-MR) alkalmazása sokkal pontosabban mérhetővé tette a bal kamra üregének megnagyobbodását, a miokardium hipertrófiáját és a pitvar dilatációját. A már leírt morfológia mellett vizsgálhatóvá váltak funkcionális elváltozások is. (17)

Az első leírások óta vita tárgyát képezi az edzés indukálta szívizom hipertrófia élettani vagy kóros volta.

A 13-15 milliméteres bal kamrai falvastagságot szürke zónának nevezik, itt a legnehezebb eldönteni, hogy a sportoló szíve csak az edzésterhelések hatására hipertrofizált, vagy strukturális szívbetegség is áll a háttérben. Az utóbbi miatt a sportoló eltiltható az élsporttól és versenyzéstől, sőt, akár implantálható kardioverter defibrillátor (18) beültetése is indokolt lehet, mert így csökkenthető a hirtelen szívhalál kockázata. (19)

Ezért nagyon fontos a szürke zónába eső sportolók alapos kivizsgálása. A 24-órás EKG-monitorozás alapvető, így életveszélyes kamrai ritmuszavarokra derülhet fény. Ide tartozik a családi anamnézis, illetve a genetikai szűrés, hiszen a hipertrófiás kardiomiopátia lehet genetikai eredetű is. Az egyik lehetséges módja a patológiás és élettani szívizom hipertrófia megkülönböztetésére az edzésterhelések szüneteltetése, hiszen az edzések indukálta változások visszafejlődhetnek. Választ adhatnak még különböző módszerek, mint a kardio-MR, a metabolikus edzésterhelés vizsgálat vagy akár az endomiokardiumból vett biopsziás minta szövettana. (20)

Ha nem egyértelműen elkülöníthető, hogy kóros vagy élettani elváltozásról van szó, de aritmia nincsen jelen, a sportolás, versenyzés folytatható, fél évente ismételt kardiológiai ellenőrzés mellett. (13)

A másik irányból megközelítve az edzett szív jelenségét azonban azt is meg kell állapítanunk, hogy nem húzható éles határ a nem edzett és az edzett személyek paramétereire között sem. A sportolók értékei általában csak kissé emelkedettek, és csak nagy ritkán lépik túl a normális határokat. Például a sportolók és kontroll személyek bal

kamra hátsó falának átlagos különbsége kevesebb, mint 2 mm, vagyis az M-mód echokardiográfia hibahatárán belülré esik. Ezzel a módszerrel ráadásul csak a szív egy kis részlete jeleníthető meg, és feltételeznünk kell, hogy az reprezentatív a szív egészére nézve, de aszimmetria esetén az M-mód nem ad kellő áttekintést. Mindettől függetlenül a különbség általában statisztikailag szignifikáns, és ezt már rengeteg, nagy eset számú vizsgálat erősítette meg. (13) (21)

III.3.3. Edzettségi jelek

A szív edzettségi jelei három csoportba sorolhatók: morfológiai, funkcionális és szabályozásbeli változások.

III.3.3.1. Morfológiai jelek

Molekuláris mechanizmusok (22) (23)

A rendszeres fizikai terheléshez történő alkalmazkodás során a szívizomsejtek hipertrofizálódnak, a megváltozott génexpresszió fokozott fehérjeszintézist és neurohormonális jelátviteli utak beindulását eredményezi. A jótékony hatás azon alapul, hogy a kontraktilis elemek száma növekszik, valamint a kamrai falfeszülés is csökken (Laplace-törvény).

Az ingerek

A mechanikai feszítést tartjuk a terhelt szívizomban kiváltott növekedési válasz előidézőjének. Mivel kísérleti körülmények között adreno-receptor blokáddal, illetve szimpatéktómia (humorális vagy neurális tényezők kiiktatása) után is képes a mechanikai stressz önmagában hipertrófiát indukálni, nevezhetjük ezt az elsődleges tényezőnek. Emellett a feszítés indirekt módon növekedést elindító tényezők felszabadulását is gerjeszti, mint amilyen az angiotenzin-II, az endotelin-1, a transzformáló növekedési faktor-béta (TGF- β) és az inzulinszerű növekedési faktor-1 (IGF-1). Ezek pedig autokrin-parakrin módon hozzájárulnak a hipertrófia elindításához, mégpedig előbbieket inkább a patológiás, utóbbi (az IGF-1) pedig az élettani hipertrófia létrehozásában szerepel. (10)

A mechanoszenzorok

Az ingereket felfogó és közvetítő érzékelők sokfélék.

Az integrinek sejt felszíni receptorok, amelyek összeköttetést létesítenek a sejtek és az extracelluláris mátrix, illetve sejtek és sejtek között. A sejten belül a citoskeletonhoz és jelátviteli útvonalakhoz kapcsolódnak.

A szarkolemma egyes fehérjéi, mint például foszfolipázok, a proteinkináz-C, ioncsatornák (elsősorban stressz-aktivált kalcium-csatornák vagy Na^+/H^+ -cserélő) és a G-fehérjék népes családja a szarkolemma mechanikai deformálódását érzékelhetik és közvetíthetik a szívizomsejtek belsejébe.

A sejten kívülről érkező ingereket elsősorban a *G-fehérjecsaldba* tartozó receptorok közvetítik, amelyek a szívizomsejtek méretét, kontraktilitását, és a szívfrekvenciát is képesek szabályozni.

A kis *G-fehérjék* közül a *Rho-család* az aktin citoskeleton szervezésében játszik szerepet, az integrinek csoportokba rendeződését (a clusteringet) irányítja. A fehérjecsald két tagja egy-egy MAPK-családot szabályoz. A *Ras-család* többek között a Janus-kináz jelátviteli útvonalon közvetítő.

A heterotrimer G-fehérjék sejt felszíni receptorokként vesznek részt a mechanotranszdukcióban. A fokális adhézios komplexekben az integrineken keresztül az extracelluláris mátrixszal tartanak kapcsolatot, így a mechanikai stressz receptoraiként működnek, ami hamar aktiválja G_q és G_i alegységeiket.

A jelátvitel

Két jelátviteli útvonalat tartunk fontosnak: a MAPK (mitogén aktivált protein kinázok) és a JAK/STAT (Janus-arcú kináz/transzkripció szignál transzducer és aktivátor) útvonalat. Ezen kívül a mechanikai stressz az intracelluláris kalcium koncentráció növekedésén keresztül a kalcineurint is indukálja, ami egy kalcium-kalmodulin függő foszfatáz és szintén hozzájárulhat a hipertrofiához.

Mindezek a sejt magi transzkripció faktorok szintjét befolyásolva minőségi és mennyiségi változásokat hoznak létre a génexpresszióban, fokozzák a fehérjeszintézis intenzitását. Számos, a szarkomerek fehérjéit kódoló gén visszavált a fetális izoformák kifejezésére. A pitvari nátriuretikus peptid (ANP, atrial natriuretic peptid) ismét kifejeződik a kamrákban a hemodinamikai túlterhelés hatására. Jó néhány, az energia metabolismusban szerepet játszó gén expressziójában is eltolódás figyelhető meg. Egyes membránfehérjéket kódoló gének (például a SERCA-pumpa) down-regulálódnak.

Fontos megjegyezni, hogy a hipertrófiás kardiomiopátiát is szarkomer fehérjéket kódoló gének mutációja okozza, ezekből ezernél is több különböző ismert. (20) (24)

Bal kamrai izomtömeg: falvastagság és belső átmérő

A rendszeres terhelésnek kitett sportolók mintegy felében a szív jellegzetes átépülésen megy keresztül. Ez érinti mind a négy szívüreget, belső átmérőjük növekszik, és elsősorban a bal kamra szabad fali izomzata vastagszik. (19) Kontroll személyekhez viszonyítva átlagosan nagyjából a bal kamra végdiasztolés átmérője 10%-kal, a fal vastagsága 15-20%-kal, a számított bal kamrai izomtömeg pedig 45%-kal, vagyis mindhárom paraméter szignifikánsan nagyobb sportolóknál. (13) A kontroll és edzett személyek közötti különbség akkor is szignifikáns marad, ha a bal kamra izomtömegét a testfelszín megfelelő hatványkitevőjéhez viszonyítjuk (relatív LVMM). A végszisztolés tágasság szintén általában nagyobb a sportolóknál, mint a kontroll személyekben, de csak kisebb mértékben: a statisztikai szignifikancia szintjét csak kevés vizsgálatban érte el.

Mindez egy dinamikus folyamat: a jellegzetes morfológiai változások intenzív edzések* megkezdése után hetekkel-hónapokkal (13) már megmutatkoznak, és a terhelések szüneteltetésének hatására hasonló időtartam alatt vissza is fejlődnek. Más vizsgálatok szerint ez két évet is igénybe vehet. (25)

Újabb adatok arra mutatnak, hogy a hipertrófiához új szívizomsejtek képződése is hozzájárul, ugyanis a felnőtt szív is rejteget még néhány endogén kardiális őse- és progenitor sejtet, a sejthalál és az új szívizomsejtek képződése a szív normális homeosztázisának része, és valószínűleg az edzésterhelések a keringő és a szöveti szívizom őssejteket is működésre ösztönzik. (22)

Dolgozatomban elsősorban a szív rendszeres állóképességi edzéshez történő élettani alkalmazkodásával foglalkozom, azon belül is a bal kamra tulajdonságaival.

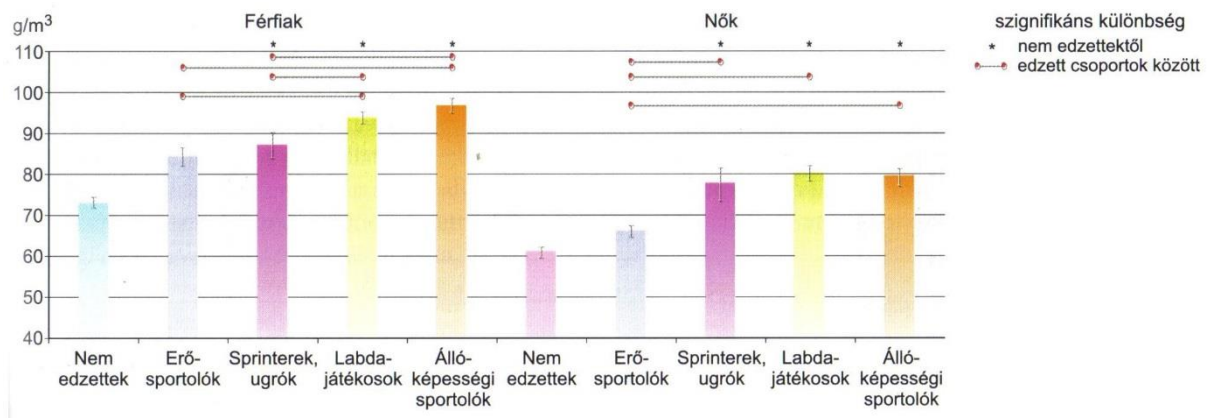
Állóképességi sportokban (17) (19) (13) (22) (26) (27) (28) (29) (30), mint amilyen a hosszútáv futás, sífutás, gyaloglás, úszás, kerékpározás, tenisz, az *izotóniás* (dinamikus, elsősorban aerob) edzések során, főleg a növekvő oxigénigény-oxigénfogyasztás hatására, megnő a verőtérfogat, perctérfogat, azaz térfogat túlterhelés éri a bal kamrát. A teljes perifériás érellenállás a terhelés alatt folyamatosan alacsony, a

* Edzettségi állapottól függően a maximális pulzusszám 60-80%-án rendszeresen (heti legalább 3-5 alkalommal, legalább fél órán át) végzett fizikai aktivitás.

szisztolés vérnyomás pedig magas. Mindez hosszú távon excentrikus hipertrófiát idéz elő, ahol arányosan növekszik a falvastagság és a belső átmérő. Az állóképességi sportolóknál figyelhető meg a legnagyobb mértékű bal kamrai üreg tágulat (31). Ezen kívül nagyobb a maximális oxigén felhasználás is, a megnövekedett perctérfogat és oxigén extrakció miatt, utóbbi mérhető következménye a nagyobb arteriovenózus oxigénkülönbség.

Erősportokban (17) (19) (13) (22) (26) (27) (30), például erőemelésben, súlyemelésben, verseny bobby, vitorlázásban, vízisíben, az *izometriás (statikus, anaerob) edzések* által kiváltott löketszerű perifériás ellenállás, vérnyomás és szívfrekvencia növekedések, összességében nyomás túlterhelések koncentrikus hipertrófiát okoznak, a falvastagság a belső átmérőhöz képest aránytalanul jobban nő. Az üreg méretei általában a normális határokon belül maradnak, míg a relatív falvastagság megnövekszik. Nem történik változás az oxigénfelvételben. *Vegyes típusú* (30), erőt és állóképességet is igénybe vevő sportágak a bal kamrára mérsékelt hatással vannak, az üreg tágulata általában túllép a normális határokon, míg a falvastagság azon belül marad.

A *technikai sportok* (17) (19) (13) (22) (26) (27), mint a golf, krikett, biliárd, minimális vagy semmilyen befolyással nincsenek a bal kamra átépülésére.

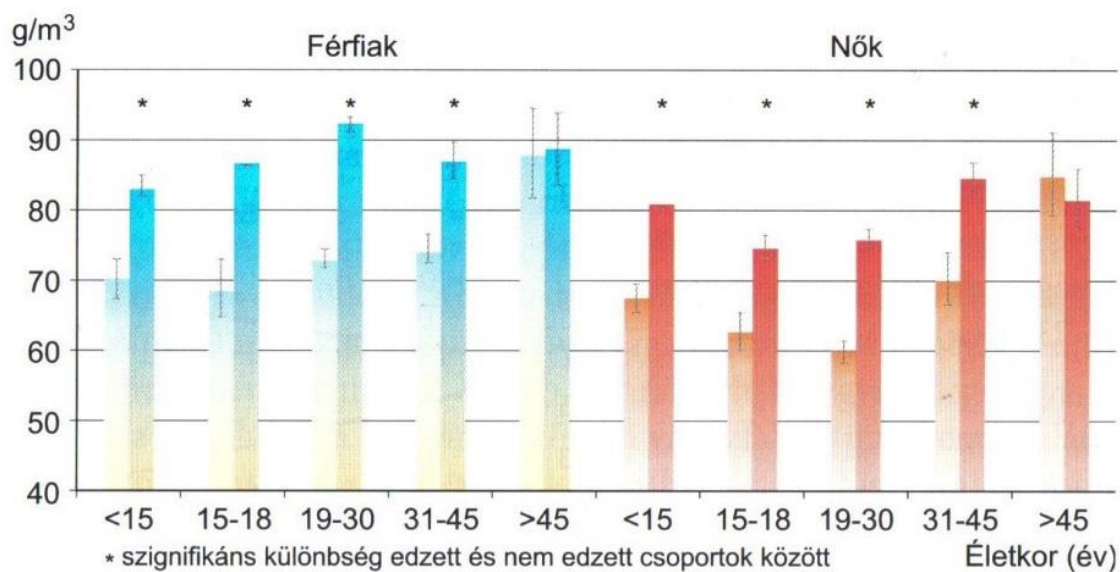


10. ábra. A bal kamra relatív izomtömege sportágak szerint

a testfelület megfelelő hatványkitevőjére vonatkoztatva,

19-30 éves férfiakban és nőkben.

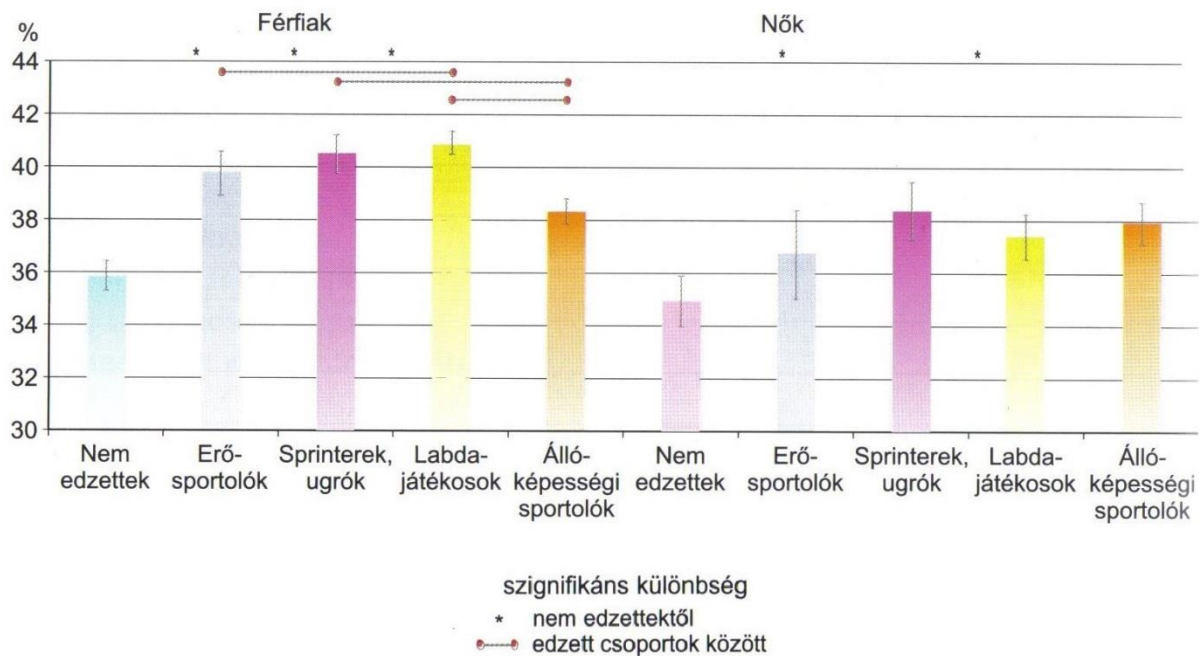
Dr. Pavlik Gábor (6) után.



11. ábra. A bal kamra relatív izomtömege edzettség, kor és nem szerint.

Világos oszlopok: edzetlenek. Sötét oszlopok: edzettek. A bal kamra izomtömege a testfelület megfelelő hatványkitevőjére vonatkoztatva szerepel az ordinátán.

Dr. Pavlik Gábor (6) után.



12. ábra. A muszkuláris kvóciens

A bal kamra falvastagságának és belső átmérőjének aránya

19-30 éves férfiakban és nőkben, sportágak szerint. Dr. Pavlik Gábor (6) után.

Koszorúér hálózat

A sportoló szíve rendszeresen nagyobb munkát kell, hogy végezzen, mint amennyi a nyugalmi életfunkciók fenntartásához szükséges (10) (22). Az intenzív izommunka megnöveli a vázizmok oxigén- és tápanyagigényét, ezt a nagyobb perctérfogatot biztosító szív tudja kielégíteni. A szívnek e nagyobb munkájához azonban saját magának is nagyobb vérellátásra van szüksége. A rendszeres edzések hatására így a hipertrófiával párhuzamosan annak megfelelő nagyobb kaliberű artériák és sűrűbb kapilláris hálózat fejlődik ki a szíven, egyensúlyban a szívizom tömegének növekedésével. Nem csak a meglévő erek átmérője, áramlása és transzport kapacitása nő tehát, hanem az új erek száma is (32). Javul az endoteliális funkció. Fokozódik a szívizom oxigénellátása és felvétele (10) (22).

Mindennek a szívbetegségek megelőzésében, sőt újabban kezelésében is nagy szerepe van, a fizikai aktivitás mennyisége és a szívinfarktusok száma fordítottan aránylik. Emellett magas vérnyomás betegségben is jelzett preventív és terápiás (33) (34) szerep tudható be a jelenségnek.

Ugyanis míg egyszeri fizikai terhelés azokban, akikben eleve valamilyen kardiális rizikó áll fenn, átmenetileg megemeli a szív-érrendszeri események kockázatát, de ismételt terhelések, akkumulálódva kedvező hatásúak ezen események (akut miokardiális infarktus, stroke) megelőzésében (29).

III.3.3.2. Funkcionális jelek

A szisztolés és diasztolés funkció megtartott vagy javul, ellentétben a kóros szívizom hipertrófiával, ami aorta sztenózis, magas vérnyomás (35) vagy veleszületett szívbetegség, hipertrófiás kardiomiopátia miatt alakul ki, és amiben romlik mind a szisztolés, mind a diasztolés funkció, akár szívelégtelenséghez vezetve. (15) (23)

A *szisztolés funkció* nem állt vizsgálatunk középpontjában, ezért erről csak röviden tesztek említést. A jellemző adatok a kétdimenziós echokardiográfiával mérhető bal kamrai ejekciós frakció és cirkumferenciális roströvidülés, valamint a szöveti Dopplerrel mérhető kontraktilitási heterogenitás (S'). Ezek értéke nyugalomban normális vagy akár csökkent, terhelés alatt azonban fokozott szisztolés működést jelez. (17) (13) Az elektromechanikai és elektromos szisztolés aránya sportolóknál alacsonyabbnak bizonyult, egy relatív rövidebb mechanikus, mint elektromos szisztoléra utalva. (10)

A *diasztolés funkciót* jól jelzi az E/A-hányados. Ez a mitrális szájadéknál mért korai (E, early) és késői vagy pitvari (A, atrial) diasztolés telődési sebességek aránya. A korai telődés a szívizom szisztolé utáni relaxációs képességét, a késői a kamrai compliance-t jellemzi. Állóképességi sportokban edzett személyeknél az E-hullám magasabb, akcelerációs ideje rövidebb.

Más, diasztolés funkciót jelző értékek, mint a telődés korai fázisának decelerációs ideje vagy az izovolumetriás relaxációs idő nem bizonyultak jobbnak. (10)

Meg kell ugyanakkor jegyeznünk, hogy az E/A-hányados nem kizárólag a bal kamra diasztolés ellazulási képességének jelzője, hanem befolyásolja például a szívfrekvencia, az elő- és utóterhelés is, amelyek edzett személyekben azonos életkorú kontroll edzetlen társaikhoz viszonyítva szintén megváltozott paraméterek. (27) Pavlik vizsgálatait azt mutatták, hogy fiatal korban valóban a szívverés nyugalmi lelassulása okozza az E/A-hányados növekvését, idősebbekben azonban már független ettől, a hosszú távú rendszeres fizikai terhelésnek tudható be. (10)

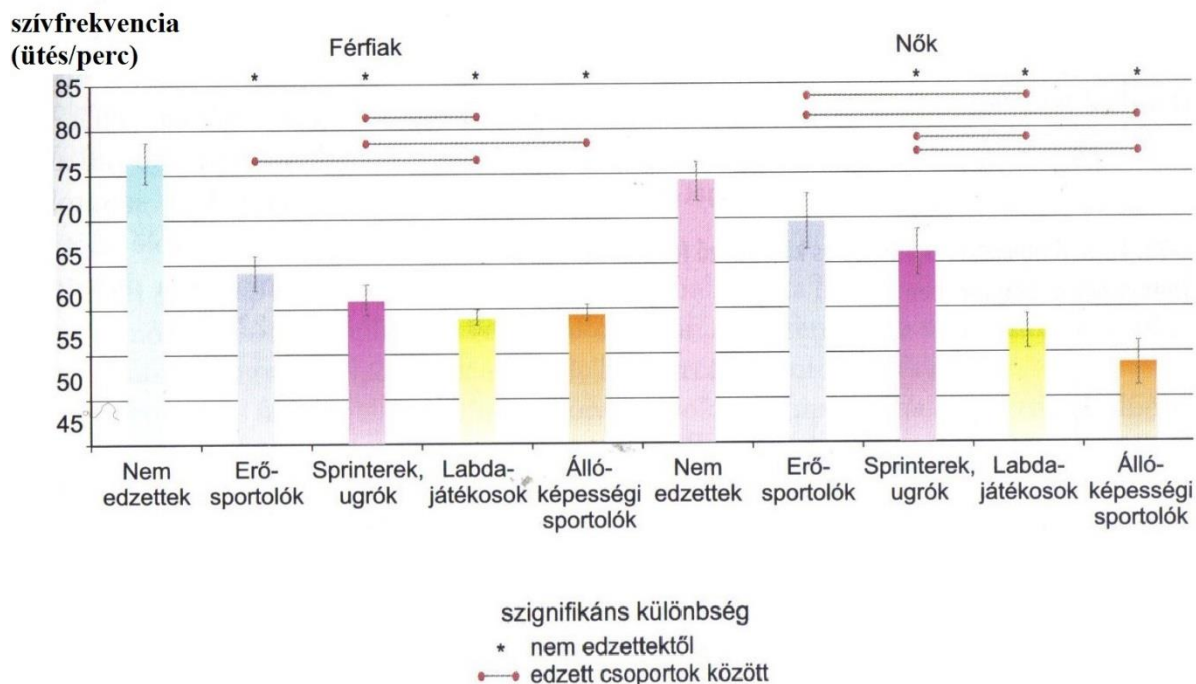
III.3.3.3. Regulációs jelek

Perctérfogat, verőtérfogat és szívfrekvencia

$$CO = SV \times HR$$

A bal kamra megnagyobbodását kísérő verőtérfogat növekedés a kontrakciós erő növekedését mutatja. Terheléskor a megemelkedett végdiasztolés és lecsökkent végszisztolés térfogat eredménye. A végdiasztolés térfogatot több tényező befolyásolja, ilyenek a diasztolés telődésre jutó (a szívfrekvenciából adódó) idő, a miokardium ellazulási képessége, a kamrai compliance és töltőnyomás. A végszisztolés térfogatot a szimpatikus aktivitás szabályozza.

A perctérfogat másik meghatározója a terhelés mértékével arányosan emelkedő szívfrekvencia, ami a terhelés alatti perctérfogat növekedéshez legnagyobb mértékben járul hozzá. Ez az emelkedés gyors és tartós paraszimpatikus tónusgátlást és szimpatikus aktivációt igényel. Edzett személyekben a szívfrekvencia nyugalomban akár 40 ütés/percig csökkenhet (ez a 12. ábrán látható), míg csúcsterhelésre 200 ütés/percre emelkedhet. Az elérhető legmagasabb szívfrekvencia az életkorral csökken. (17)

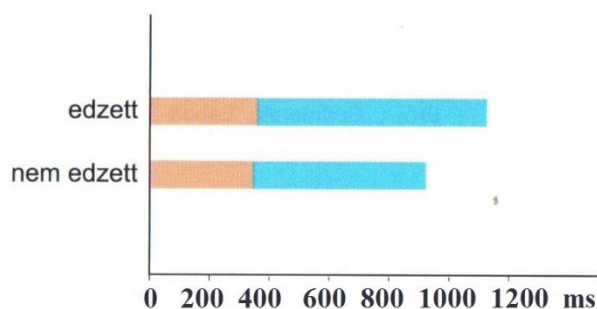


13. ábra. A nyugalmi szívfrekvencia

19-30 éves férfiakban és nőkben, sportágak szerint.

Dr. Pavlik Gábor (6) után.

A bradikardia előnye, hogy a szív cikluson belül a szisztolé ideje azonos marad, csupán a diasztolé nyúlik, vagyis a munka és pihenés aránya sokkal előnyösebb lesz, a szívnek több ideje marad az ellazulásra két összehúzódnás között. Ezen kívül a koszorúerek keringése is csak diasztolé alatt szabad, tehát az edzett szív vérellátása is jobb lesz (10). Ezt mutatja számszerűen a 14. ábra.



14. ábra. A szív ciklus időtartamai edzett és nem edzett személyekben, nyugalomban.

Piros: szisztolé. Kék: diasztolé. Dr. Pavlik Gábor (6) után.

A perctérfogat valóban jól edzett állóképességi sportolóknál lecsökken, alacsonyabb szinten edzőké azonban megnövekszik a normális átlagoshoz képest, amit valószínűleg az magyaráz, hogy bennük a szívizomzat már hipertrofizál, az autonóm szabályozás viszont még nem alkalmazkodott, így a nagyobb szív nagyobb perctérfogatot hoz létre, szemben a jól edzettek tökéletesen szabályozott szívével. (10)

Gazdaságosabb anyagcsere

Ugyanazt a fizikai teljesítményt edzett személyek alacsonyabb miokardium áramlással képesek megvalósítani, amit az edzett szív hatékonyabb metabolizmusa magyarázhat, vagyis, hogy kevesebb oxigénre van szüksége ugyanazon teljesítményhez. Magasabb a szabadzsírsav és glükóz felvétel, ugyanannyi oxigén felhasználásával több ATP képződik. (10)

III.3.4. Sportszív vagy patológiás hipertrófia?

Habár az edzett szívben a szeptális és a szabad kamrai fal vastagságának aránya (M-mód echokardiogramon mérve) az esetek döntő többségében a normális határokon belül marad (azaz kisebb, mint 1,3), alkalmanként egy-egy sportolóban enyhe aszimmetria figyelhető meg, az elülső bazális szeptum nagyjából 13-15 mm vastag lehet. (21) Ez esetleg bizonyos kórállapotok lehetőségét vetheti fel, amelyekben elsődleges bal kamrai hipertrófia jön létre; ilyen például a non-obstruktív hipertrófiás szívizombántalom, ami a keringési rendszer leggyakoribb genetikai rendellenessége, prevalenciája 0,2%. (20) Edzett sportolók mintegy 40%-ában (26), más források szerint akár 80%-ában (36) abnormális mintázatok jelennek meg az EKG-n (férfiakban kétszer gyakrabban, mint nőkben). Ennek egy része veszélytelen, elsősorban a fokozott paraszimpatikus tónus okozta vezetési sebesség csökkenésre vezethető vissza (szinusz bradycardia, junctionális ritmus vagy első fokú AV-blokk), azonban megjelenhetnek például repolarizációs zavarok, ektópiás vagy korai ütések, és 15%-ban (26) szívbetegség gyanúját keltő bizarr elektromos jelenségek.

A kóros állapotoktól az ártalmatlan, edzés indukálta hipertrófiát és ingervezetési változásokat mindenképpen el kell különíteni, ennek strukturális, funkcióbeli, metabolikus és molekuláris jelei (37) is vannak.

A *sportszív* jellegzetessége (19) a szimmetrikus, arányos, excentrikus hipertrófia. A bal kamra falvastagsága 15 mm alatt marad, belső átmérője nagyobb, mint 55-58 mm, alakja normális ellipszoid, testfelszínhez viszonyított tömege férfiakban 134 g/m²,

nőkben 110 g/m² alatti (21). A fiziológiás bal kamra hipertrófia felső határának abszolút értékét 500 grammban, illetve testtömeg-kilogrammonként 3,5 grammban (27) állapítjuk meg. Fibrózisra utaló jelek (35) nincsenek. A diasztolés funkció normális vagy javult (Doppler echokardiográfiával mitrális szájadékból mért E/A-hányados alapján). A koszorúerek átmérője nagyobb, nyugalmi áramlásuk kissé csökkent, így áramlási tartalékuk megemelkedett (38), valamint nitrátra az értágulat jelentős. A maximális oxigénfelvétel (VO₂max) nagyobb, mint 50 ml/kg/perc. Emellett EKG abnormalitások azonban előfordulhatnak (39), ilyen esetben mindenképp részletes kivizsgálás szükséges. Az edzések szüneteltetése rövid idő alatt (19) (20) (21) (27) a hipertrófia visszafejlődését eredményezi.

A *patológias hipertrófiát* ezzel szemben aszimmetrikus, aránytalan bal kamra jellemzi, amelynek alakja rendellenes, belső átmérője kisebb, mint 45 mm. Az esetek 70%-ában egyértelmű kiáramlási pálya obstrukció (20) figyelhető meg terheléses echokardiográfia vizsgálattal. A bal kamrai izomtömeg index a fenti határértékek fölötti. Fibrózisra utaló jelek találhatók. A diasztolés funkció romlott (tipikusan az E-hullám csúcsa csökkent, decelerációs ideje megnyúlt, az A-csúcs nagyobb, így az E/A arány megfordult). Csökkent a koszorúerek áramlási tartaléka és vazodilatációs válasza nitrátra. A maximális oxigénfelvétel kisebb, mint 45 ml/kg/perc. EKG (40) és kardio-MRI (41) abnormalitások előfordulhatnak, az edzések szüneteltetésére a hipertrófia nem mutat visszafejlődést (42). A családi anamnézisben HCM szerepel. (19) (20) (21) (27)

Ennek elkülönítése elsősorban a hirtelen szívhalál kockázata miatt fontos, ugyanis versenysportolóknál a hirtelen halál általában különböző strukturális szívbetegségek következménye. Fiatalabb sportolóknál leggyakrabban veleszületett kórok, kiváltképpen a hipertrófiás kardiomiopátia (13) (20) (26) (23) (43) okozza. A ritkának számító évi egy eset 50-100 ezer sportolóból kétszer-háromszor (44) gyakoribb, mint hasonló korú nem sportolók között.

Az élsportolók rendszeres sportorvosi ellenőrzésének elengedhetetlen részét kell képezze a szívgyógyászati kivizsgálás!

III.3.5. Nemi különbségek

Sportolók bal kamra térfogata a testfelszínhez viszonyítva is megnövekedett, nőkben és férfiakban egyaránt, bár nőkben az edzett és edzetlen csoportokban is alacsonyabbak voltak az értékek a férfiakéhoz képest. 45 év felett a különbségek nők és férfiak, illetve edzettek és edzetlenek között eltűnnek. (10)

Női sportolók bal kamra üregének tágassága és falvastagsága nagyobb, mint a nem sportoló nőké, de a növekedés abszolút mértéke enyhe, a falvastagság általában nem lépi túl a normális határt, a 12 millimétert. Férfi sportolókkal összehasonlítva a női sportolók szívének abszolút méretei kisebbek (átlagosan a falvastagság 20%-kal, a belső átmérő 10%-kal). Ez többtényezős, hozzájárul többek között a kisebb testfelszín és zsírmassza, az alacsonyabb abszolút perctérfogat és szisztolés vérnyomás. (19)

Azonban a női sportolóknál az abszolút mértékben kisebb szívizom hipertrofia a tipikusan kisebb női testméretekre korrigálva is a férfiakban megfigyelhető alatt marad. Ennek magyarázata még várat magára. (17)

A bal kamrai falvastagság tehát néhány férfi sportolóban túllépheti a 13 mm-t, de női sportolóknál általában nem haladja meg a 11-12 mm-t, vagyis az edzések jelentette rendszeres terhelés nőkben általánosságban nem elegendő stimulus a morfológiai „szürke zónába” kerüléshez (13-15 mm). Ez azt jelenti, hogy nőkben a 12 mm feletti (19), más forrás szerint 13 mm feletti (45) bal kamrai falvastagság HCM gyanúját kell ébressze!

Az E/A-hányados fiatal, nem edzett nőkben magasabb, mint nem edzett férfiakban (25), így az edzés nem okozza az eleve magas érték jelentős növekedését. A magyarázat a nők vékonyabb kamra fala lehet, ami jobb tágulékonyságot biztosíthat.

Emellett az ösztrogén vagy tesztoszteron hatás, amelyek a kóros szívizom hipertrofia kialakulásában is szabályozó szerepet tölthet be, szintén hozzájárulhat a nemi különbségek kialakulásához (25).

III.3.6. Gyermekkorú és idősebb sportolók

Vizsgálatunkban egyaránt részt vettek gyermekkorú és idősebb sportolók is, ezért ezt a témát is érintem röviden. Legfiatalabb részt vevőnk 14 éves volt, valamint szerepelt egy 16 éves és két 18 éves táncos. A 35 év feletti „senior” korosztályt (2) két 38 éves és egy 41 éves táncos képviselte, amint az később részletesebben látható.

A serdülőkor előtt nehéz bármilyen változást kimutatni, egyrészt a sportkor rövidege miatt, tehát mert még nem érte a gyermekeket kellően régóta a rendszeres terhelés; másrészt testük még érik, fejlődik. Felnőttekben és gyermekekben különbözhet az edzések szív-érrendszeri hatása.

A szeptális és a szabad fali bal és jobb kamrai falvastagság és a jobb kamra üregének tágassága kissé nagyobb lehet, mint hasonló korú és testméretű nem sportoló

gyermekekben, de a bal kamra végdiasztolés tágassága, ami felnőtt sportolóknál a legszembetűnőbb és legjellemzőbb változás, nem növekszik még szignifikánsan ebben a korban. (13)

Egy vizsgálat (46) a nem sportoló kortársakhoz képest szignifikánsan nagyobb bal kamrai izomtömeget 13-14 éves, bal kamrai üreg tágasságot 15-16 éves sportoló fiúk között tudott legkorábban kimutatni.

Bár az E/A-hányados fiatal, egészséges személyekben egyébként is magas, nem meglepő, hogy fiatal sportolók nem mutatnak különösebb fejlődést ebben a tulajdonságban, az idősebb sportolóknál azonban egyértelműen magasabbnak adódott ez az érték, mint fizikailag nem aktív kortársaiknál. Az adatokat elemezve levonható az a következtetés, hogy a rendszeres edzések a diasztolés funkció korral bekövetkező romlását lassítják. (10)

III.3.7. Szakirodalmi áttekintés táncosok keringésélettanáról

Már egy 1980-as, az Amerikai Balett Színház hivatásos táncosain végzett vizsgálatból (47) megtudhatjuk, hogy a korábbi kutatásokkal összhangban az ő szívük is megfelel az edzett szív kritériumainak. A más sportolóknál talált „abnormális” leletek, például szisztolés zörejek, hallható harmadik szívhang, EKG-eltérések, köztük szinusz bradikardia, vezetési és repolarizációs zavarok, valamint bal kamrai hipertrófia, a vizsgált balett táncosokban is jelen vannak. Bár nem minden típusú táncban (48) találunk klasszikus sportszívet, az orvosnak szem előtt kell tartania, hogy a tánc is sport, vagyis a táncos szíve lehet sportszív, így ez az élettani jelenség még nem feltétlen ok a táncos karrier felfüggesztésére, amint az korábban szokásos volt.

Irodalomkutatásom során talált újabb cikkek azonban elsősorban antropomorfológiai megközelítésben foglalkoznak táncosokkal, és még mindig főleg balett táncosokkal. A légzési-keringési tulajdonságokat vizsgáló kutatások közül némelyek ugyan versenytáncosokat is bevontak, de ezek inkább a maximális O₂-fogyasztás kérdéskörét járták körül.

Szinte egyedülállónak számít ezért *Zemva* és *Rogel* (1) témám kiindulási alapjául szolgáló kutatása, akik a szlovén nemzeti sporttánc szövetségből 15 versenytáncos párt, összehasonlításképp pedig 30 aktívan nem sportoló kontroll személyt (15 férfit és 15 nőt)

vizsgáltak kardiovaszkuláris szempontból. A két csoport korban, nemben és testmagasságban megegyezett.

Mérték minden vizsgálati alany szívfrekvenciáját, testmagasságát, testtömegét, alkalmi szisztolés és diasztolés vérnyomását, monitorozták a 24-órás vérnyomást.

Mindenki részt vett egy maximális fizikai terhelés teszten, miközben tizenkét elvezetési EKG készült és monitorozták a szívfrekvenciát, vérnyomást. Ezután echokardiográfiás vizsgálatnak vetették alá őket, melynek során a bal kamra térfogatát, a kamrák közötti szeptum és a hátsó fal vastagságát jegyezték fel. Az M-mód (Devereux-Reichek formula (49)) és a kétdimenziós echokardiogram alapján is mérték és kiszámították a bal kamra tömeg indexet.

Az aktívan nem sportoló kontrollszemélyekhez képest a táncosokat szignifikánsan alacsonyabb alkalmi diasztolés vérnyomás, magasabb oxigénfogyasztás jellemezte. Hátsó faluk szignifikánsan vastagabb, a bal kamra izomtömeg-indexük (M-mód és 2D) szignifikánsan magasabb volt. Négy férfi és két női táncosban ez a bal kamra hipertrofia mértékét öltötte.

A táncosokat a kontrollszemélyeken túl saját partnerükkel is összehasonlították. Ők egymástól nem különböztek korban, illetve az edzés hosszában és intenzitásában. A férfi táncosoknak nagyobb volt a testmagassága, tömege, testfelszíne és BMI-je. A női táncosoknak magasabb volt a szívfrekvenciája, de alacsonyabb az alkalmi, a 24-órás, a nappali és az éjszakai szisztolés vérnyomása. Nem különböztek egymástól 24-órás, nappali és éjszakai diasztolés vérnyomásban. A női táncosok alacsonyabb maximális edzésterhelést bírtak és alacsonyabb terhelési csúcs szisztolés vérnyomást értek el, míg a maximális oxigénfelvétel azonos volt. A férfi táncosok bal kamrája, az M-mód és 2D mérések alapján számított bal kamrai izomtömeg indexe nagyobb volt, a hátsó faluk vastagabb.

A férfi táncosok 2D-szívizomtömeg indexében tapasztalt variabilitás 40%-a megmagyarázható a 24-órás, az alkalmi és a nappali szisztolés vérnyomásértékek különbségeivel. A legjobb prediktornak 43%-kal a maximális edzésterhelés és a csúcsterhelés alatti maximális szisztolés vérnyomás, a 24-órás és az alkalmi szisztolés vérnyomás bizonyult.

A női táncosok 2D-izomtömeg indexének variabilitását 38%-ban a csúcsterhelés alatti, az alkalmi, a 24-órás és a nappali szisztolés vérnyomás magyarázza. (1)

Egy tanulmány (50) nyolchetes aerob-tánc edzésprogram hatását hasonlította össze egy ugyanilyen időtartamú klasszikus jogging edzésével, kontroll személyekhez viszonyítva, akik nem vettek részt egyik programban sem. A kontrollhoz és kiindulási értékekhez képest mindkét rendszeres terhelésnek kitett csoportban hasonló mértékben és szignifikánsan nőtt a maximális O_2 -felvétel, és csökkent a csúcs szívfrekvencia. Más légzési paraméterek és a testtömeg nem változtak. Így az aerob-táncedzéseket a jogginggal egyenértékű, hatásos alternatívának mondhatjuk.

Kortárs táncosokat vizsgálva (51) kiderül, hogy a darabok próbálásának 12 hetes időszakában a napi szokásos táncórák (90 perc) és a próbák (60-180 perc) hatására a táncosok aerob kapacitása (VO_{2max}) nem növekszik olyan mértékben, hogy fizikailag is felkészültek legyenek az előadásokra. Tulajdonképpen csak az előadások időszakában (napi szokásos 90 perc táncóra, 60-90 perces próbák és nagyjából 60 perces előadások mellett) nyújtanak olyan mértékű sportteljesítményt, ami már mérhető kardiorespiratórikus alkalmazkodást vált ki.

A fellépések szignifikánsan magasabb átlagos szívfrekvenciát és oxigénfogyasztást okoztak, mint a táncórák és a próbák, ahol az edzésterhelés általában alatta marad annak az intenzitásnak, ami már aerob edzéshatást válthat ki. Az órák és próbák fő része többszörös sprint jellegű, ami még nem jelent szignifikáns terhelést az aerob kapacitás szempontjából, főleg a munka-pihenés aránya miatt, mert így az összmunka elégtelen stressz a kardiorespiratórikus rendszer adaptációjának kiváltásához.

A vizsgált társulatoknál az előadások előtti utolsó héten növekedett csupán a próbák intenzitása az előadást megközelítő szintre, ez azonban már késő az alkalmazkodás létrejöttének szempontjából. Az előadás maga ezzel szemben lényegében egy magas intenzitású intervallumos-edzésnek* felel meg, ahol sokkal nagyobb arányú a munka (tánc) a pihenéshez képest. Ezért, bár az edzések, próbák és a fellépés időtartama összesen rövidebb, mint az edzéseké és próbáké a próbaidőszakban, a valódi fizikai munkavégzés mégis több ilyenkor.

* Intervallumos-edzés: terhelési és pihenési fázisok váltakozása, ahol a pihenőidő sosem elég a teljes kipihenésre, klasszikusan a pulzus a pihenők alatt sem megy 120/perc alá. A terhelések típusától függően VO_{2max} 80-120% közt zajlanak. (3) Sporttánc versenyeken egy körben az egyes táncokból 1,5-2 percet (2) kell végigtáncolni, ez lényegében egy rövidtávú intervallumos edzésnek felel meg.

A vizsgálatban összehasonlított két társulat közül az egyik aerob kapacitás növelésére alkalmas evező és kerékpár ergométerrel rendelkezett, amit a táncosok fakultatív jelleggel használhattak, és elmondásuk alapján használták is, bár nem rendszeresen. Ennek a társulatnak a táncosai jobb kardiorespiratórikus értékeket mutattak már a felkészülés szakaszában is, mint a másik társulaté, akik semmilyen kiegészítő edzést nem végeztek.

Ez rámutat a korábbi „csak-tánc” szemlélet (52) gyenge pontjára, miszerint kizárólag táncot tartalmazó edzésekkel nem lehet kellő mértékű kardiorespiratórikus alkalmazkodást kiváltani, ami képessé teszi a táncosokat a fellépéseken őket érő terhelés elviselésére. Az önálló kiegészítő edzések segítenek, de hatásuk önmagában nem elégséges.

Fontos lehet ezért a táncosok edzésprogramjába olyan edzésrészek beépítése, amelyek alkalmasak nem csak technikailag, hanem fizikailag is kellően magas szinten felkészíteni őket az előadásokra (illetve sporttáncban a versenyekre).

Ezt támasztja alá a modern és klasszikus balett táncosokat sportteljesítmény szempontjából vizsgáló közlemény (53) is, amely szerint professzionális szinten a táncos nem csak a táncművészet esztétikai-technikai oldalának szakértője kell, hogy legyen, hanem mentálisan felkészült a stressz kezelésére, és fizikailag fitt, sérülések nélkül.

A fittséget a következőképpen definiálja: az egyén azon képessége, hogy megfeleljen egy adott specifikus fizikai munka végrehajtásához szükséges követelményeknek. Több összetevőre bontja: aerob (kardiorespiratórikus) és anaerob állóképesség, izomerő, izom- és ízületi lazaság, valamint optimális testtömeg és testösszetétel.

Ezen képességek a korábban elterjedt nézettel szemben nemhogy nem ártanak a tánchoz szükséges esztétikus megjelenésnek és technikai tudásnak, hanem segítik kibontakoztatásukat és magas szintű előadásukat fellépésen vagy versenyen, fejlesztésükre tehát kiegészítő edzések szükségesek.

Egy másik vizsgálatban (54) mérték 12-12 latin-amerikai illetve standard táncokban versenyző páros VO_2 -értékeit, szívfrekvenciáját és vér laktát szintjét laboratóriumi körülmények közötti és versenyszimuláció jellegű terhelés alatt. Eredményeikből azt a következtetést vonták le, hogy a versenytánc is valódi sportnak

tekinthető, ahol közepes és magas energia-igényű, aerob és anaerob fázisok követik egymást.

A litván Testnevelési Egyetemen tizenkét A-osztályban versenyző standard táncspárt vizsgáltak (55) abból a megfontolásból, hogy a táncsportra jellemző energiafelhasználás jobb megértésével egy specifikusabb edzésprogram dolgozható ki. Eredményeik szerint a standard táncokban a műfajra jellemző technika, a partnerrel való folyamatos szoros kontaktus a zárt tánctartásban hatékonyabb energiafelhasználást és dinamikusabb mozdulatokat tesz lehetővé. A táncosok egyértelműen alacsonyabb szívfrekvenciával hajtották végre a versenyszimulációs programot, mint a szoros kontaktus nélkül. Ez azt jelenti, hogy a technikailag tökéletes végrehajtás nem csak esztétikusabb, hanem energetikailag is kedvezőbb, azaz a sportolók hosszabb terhelést bírnak fáradás nélkül, ami egy több körből álló valódi versenyen mindenképpen előny.

Megjegyzendő, hogy ebben a vizsgálatban a nők átlagos pulzusa volt magasabb, mind a nyugalmi értékek tekintetében, mind a kontaktusban és az anélkül történt terhelések alatt.

Végül egy igazán témámba vágó közlemény (56) tartalmából emelnék ki néhány részletet, saját munkám szempontjai szerint. Az ést vizsgálat 12 standard, 7 latin-amerikai és 11 tíztáncos top versenyző páros részvételével készült, 2013-ban. Szintén megállapítja, hogy a versenytánc intenzív fizikai tevékenység, amely a kardiovaszkuláris rendszert messzemenőig igénybe veszi, ez egyformán igaz a standard és a latin-amerikai táncokra (ebből kifolyólag a két műfajt egyesítő tíztáncra is).

A kutatásban egyrészt felmérték laboratóriumi körülmények között a táncosok antropometriai adatait, testösszetételét, és futópádon a maximális oxigénfogyasztásukat ($VO_2\max$). Ez utóbbi aránylag magasnak adódott más táncosokban (néptáncosokban, balett, flamenkó és modern táncosokban) talált adatokhoz képest. Másrészt versenyszimulációs körülmények között vizsgálták élettani reakcióikat a terhelésre. A kísérlet azért egyedülálló, mert elsőként állították úgy össze, hogy a lehető legjobban hasonlítson egy valódi versenyhez, és nem csak egy körben táncoltak a résztvevők, ami a korábbi vizsgálatokra volt jellemző. Tehát a táncosok elvégezték szokásos bemelegítésüket, majd a latin-amerikai és standard táncosok három kört (összesen tizenöt táncot), a tíztáncosok két kört (összesen húsz táncot) táncoltak, a versenyen szokásos időtartamban és pihenőidővel. A szimuláció, a valódi versenyekhez hasonlóan,

lényegében egész nap (nagyjából 10 órán át) tartott. Ezalatt monitorozták a szívfrekvenciát és a vér laktát szintjét.

A férfi táncosokban a $VO_2\text{max}$ értékek és a terhelés utáni laktát szintek magasabbak voltak partnernőikénél. A latin-amerikai táncosok terhelés alatti szívfrekvenciája magasabb volt a standard és tíztánc táncosokénál, és maximális aerob kapacitásukhoz közelebb teljesítettek, valószínűleg a műfaj sajátosságaiból adódóan. Ebből arra következtethetünk, hogy a latin-amerikai táncosok jobb teljesítményt érhetnek el, ha aerob kapacitásukat növelő edzésrészekkel egészítik ki verseny felkészülési programjukat.

A legnagyobb szívfrekvenciát mindenki az utolsó kör utolsó tánca alatt produkálta, vagyis a táncosok, mint más sportolók is, beosztják erejüket és a fináléra tartogatják a legnagyobb teljesítményt.

A férfi és női táncosok átlagos szívfrekvenciája között azonban nem találtak különbséget egyik tánc során sem, ami azt mutatja, mennyire hasonló a fizikai munka mértéke, amit a páros két tagja végez.

IV. Kérdésfeltevés. Mit várok a vizsgálatról?

A vizsgálatot tehát a korábban említett szlovén publikáció alapján terveztük meg (1).

A mi kutatásunk célja volt megállapítani, egyrészt, hogy milyenek a versenytáncosok szívének edzettségi jelei a nem-edzettek és a többi művészi sportoló szívéhez viszonyítva, másrészt összehasonlítani a párosok férfi és női tagjaiban a szív edzettségi jeleit.

Az edzettségi jelek közül a **morfológiai** változásokat a *bal kamrai falvastagság* és *relatív izomtömeg*, a **funkcionálisakat** a *transzmitrális áramlás koradiasztolés (E) és késődiasztolés (A) csúcssebességének hányadosa*, a **szabályozásbelieket** pedig a szívfrekvencia segítségével tettük számszerűvé és ezeken keresztül értékeltük.

A korábban felsorolt irodalmi adatok alapján feltételeztük, hogy a férfiak bal kamrai izomtömege abszolút mértékben és a testfelszín megfelelő hatványkitevőjére vonatkoztatottan is nagyobb lesz, mint a nőké.

Nem feltételeztük, hogy a szívfrekvenciában és E/A-hányadosban különbséget találunk.

Az E/A-hányados fiatal, nem edzett nőkben magasabb, mint nem edzett férfiakban (25), így az edzés nem okozza az eleve magas érték jelentős növekedését. A magyarázat a nők vékonyabb kamra fala lehet, ami jobb tágulékonyságot biztosíthat. Emellett a kamrafalban található ösztrogén receptorok, amelyeknek a nők a menopauza előtti alacsonyabb kardiális mortalitást (9) is köszönhetik, szintén hozzájárulhatnak a jobb diasztolés funkcióhoz.

Az E/A-hányados szívfrekvenciától való függésének kérdésére is kerestük a választ. A hányados értékét befolyásolja még az életkor (lásd korábban), valamint az esetleges mitrális regurgitáció jelenléte, de ez utóbbi a mintánk egyetlen táncosában sem volt fellelhető.

V. Módszerek

V.1. Vizsgálati személyek

Az Oktogon Tánccentrum versenytáncos párijai közül hívtunk meg önként jelentkezőket, hogy vegyenek részt ebben a kutatásban. A vizsgált személyek a Helsinki Deklaráció (57) értelmében önként és tájékoztatás után egyeztek bele a felmérésben való részvételbe.

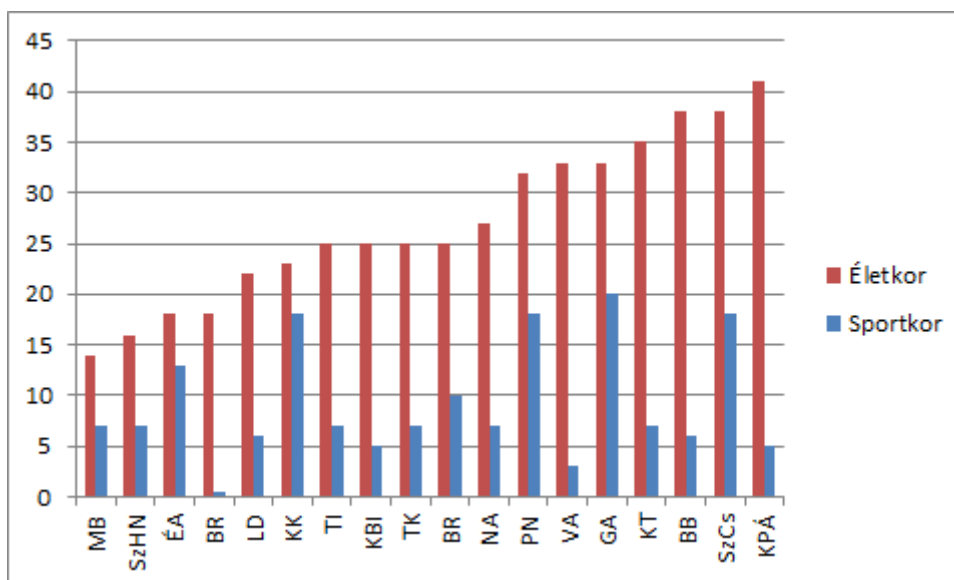
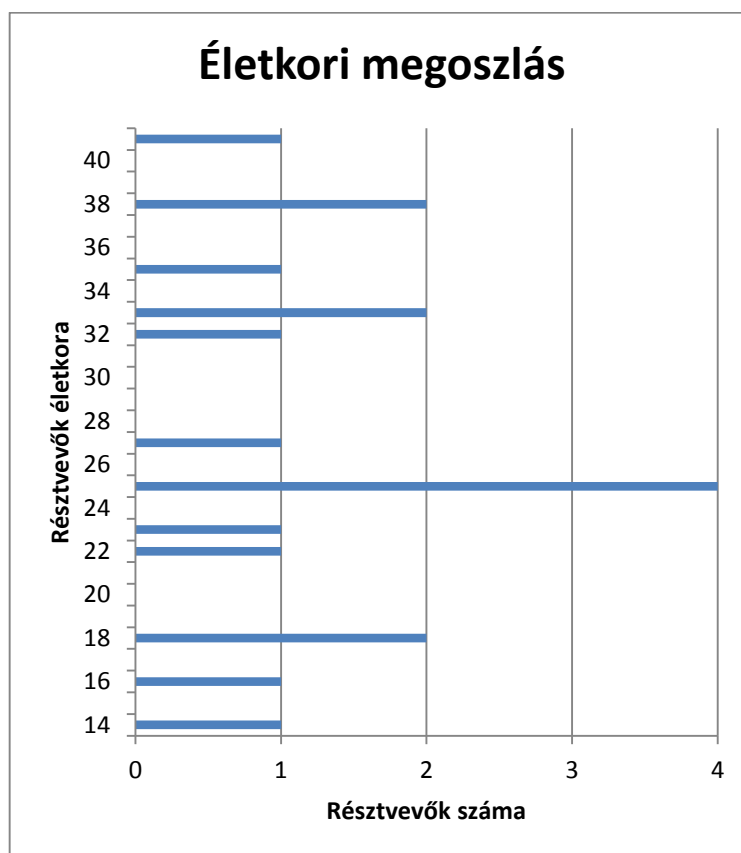
Kilenc férfi és kilenc női táncost vizsgáltunk. A vizsgálatot megelőzte egy sportorvosi kérdőív kitöltése (lásd a függelékben), a sportoló személyes és családi anamnézisének felvétele, a kardiovaszkuláris szempontból fontos rizikótényezők kiszűrése végett.

Dr. Pavlik Gábor sportorvos, a Semmelweis Egyetem Testnevelési és Sporttudományi Karának professzor emeritus tanára végezte el a résztvevőkön a versenyengedélyhez szükséges sportorvosi szűrővizsgálatot.

Mindenkiről 12-elvezetéses EKG-t vettem fel.

Vizsgálati személyeinket a Semmelweis Egyetem Testnevelési és Sporttudományi Kar Egészségtudományi és Sportorvosi Tanszékén korábban vizsgált egészséges edzetlen kontroll személyekkel és egyéb művészi sportágak képviselőivel vetettük össze.

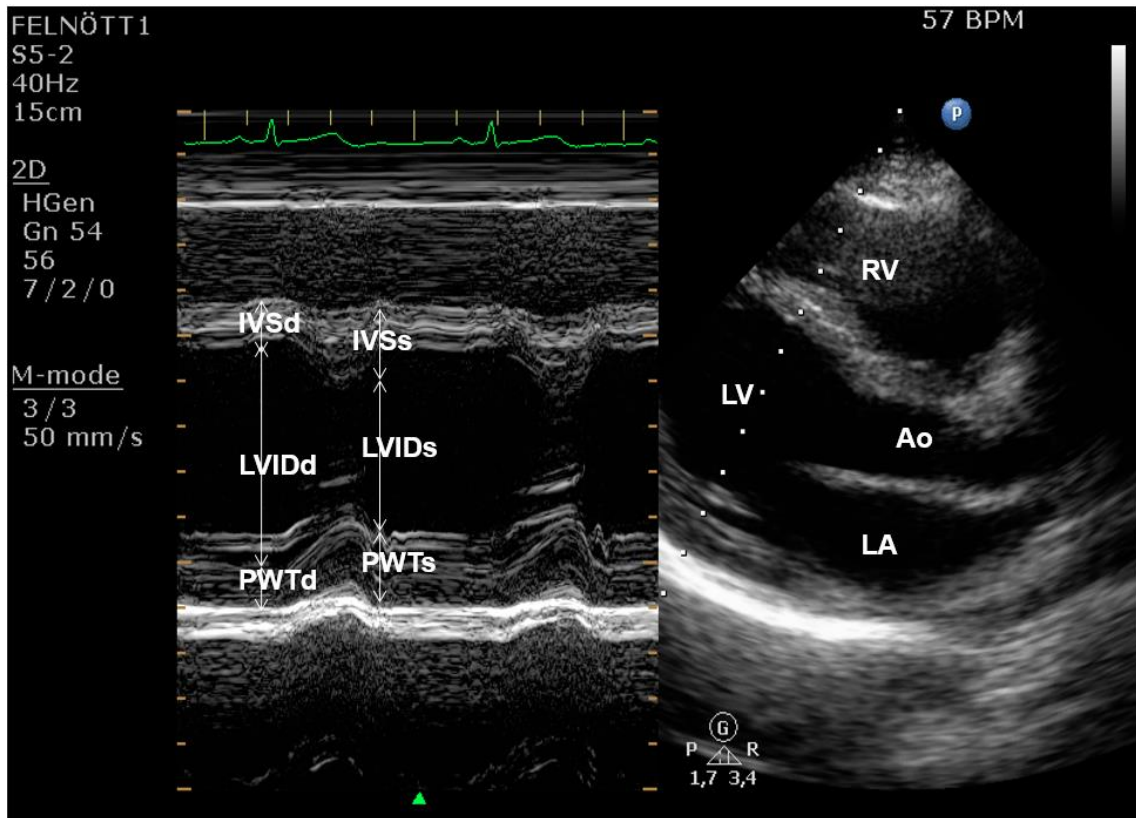
A táncosok életkori eloszlását és sportkorát az életkorhoz viszonyítva az alábbi grafikonok mutatják (15. ábra).



15. ábra. Táncosok életkori megoszlása és sportkoruk az életkorhoz viszonyítva
Saját ábra.

V.2. Szívvultrahang

Philips HD 15 szívvultrahang készülékkel mértük a bal kamra belső átmérőjét, a szeptális falvastagságot és a bal kamra hátsó falának vastagságát 2-dimenzionálisan irányított M-mód felvételen (16. ábra).



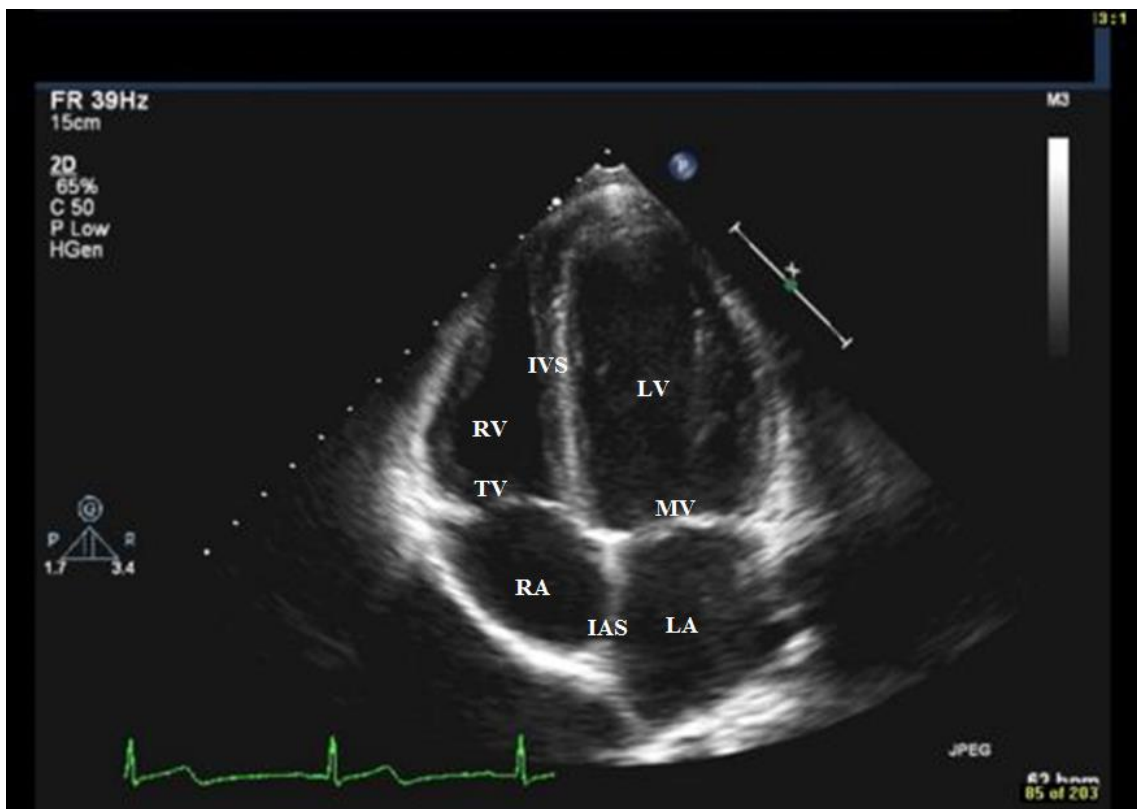
16. ábra. Kétdimenzionálisan irányított M-mód felvétel.

Rövidítések: *IVSd* = interventricular septum, diastole (a kamrák közötti szeptum diasztolében); *IVSs* = interventricular septum, systole (a kamrák közötti szeptum szisztolében); *LVIDd* = left ventricular internal diameter, diastole (bal kamra belső átmérője diasztolében), *LVIDs* = left ventricular internal diameter, systole (bal kamra belső átmérője szisztolében), *PWTd* = posterior wall thickness, diastole (bal kamra hátsó fala diasztolében), *PWTs* = posterior wall thickness, systole (bal kamra hátsó fala szisztolében), *RV* = right ventricle (jobb kamra), *LV* = left ventricle (bal kamra), *Ao* = aorta, *LA* = left atrium (bal pitvar).

Az adatokból a Devereux-formula (49) szerint kalkuláltuk a bal kamrai izomtömeget, melyet a testfelület megfelelő hatványkitevőjére vonatkoztattunk (*relatív LVMM*). A testfelszínt (BSA, body surface area), ami a szív méreteinek egyik legfőbb meghatározója (26), Du Bois és Du Bois képlete alapján számítottuk. (58) Mivel az

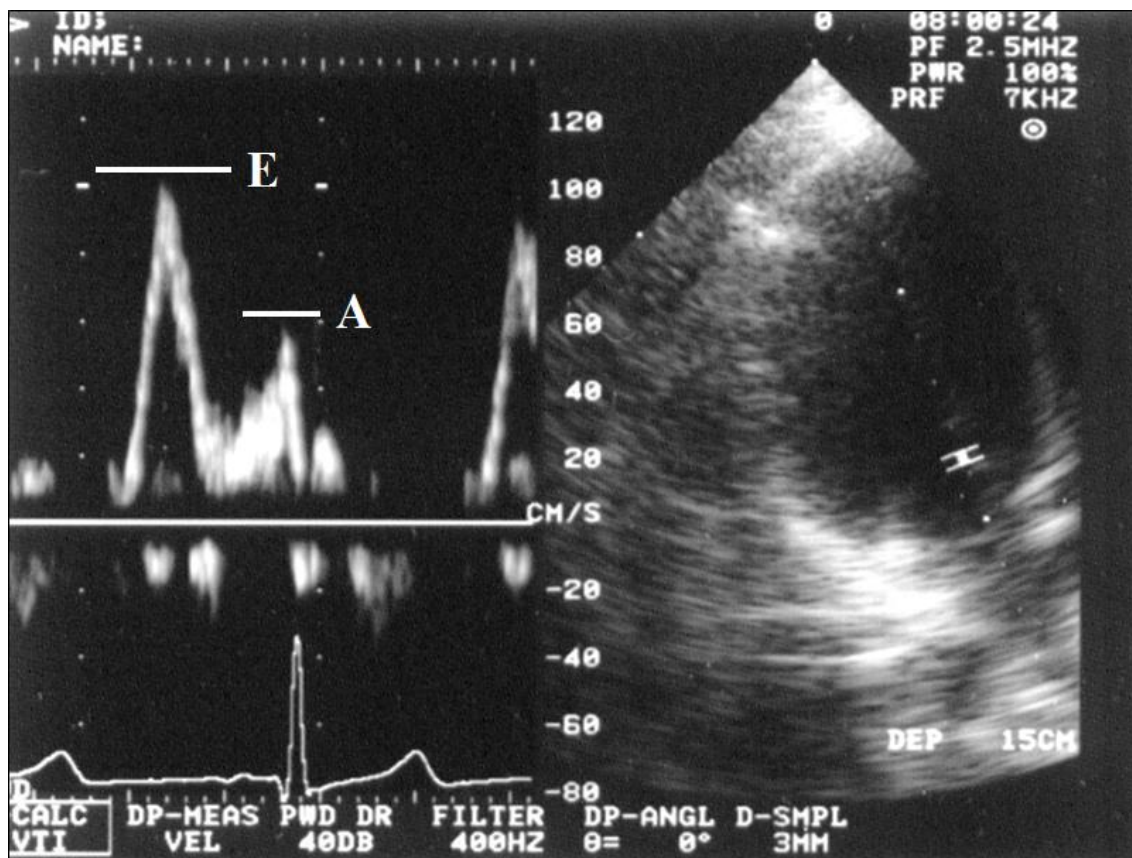
általános gyakorlatban elterjedt testfelszínre történő korrigálás eleve pontatlan eredményt okoz, Pavlik számításai alapján (10) olyan arányokat alkalmaztunk, ahol a számláló és a nevező azonos kitevőn van.

Csúcsi négy üregi felvételen (17. ábra) meghatároztuk a transzmitrális áramlás koradiasztolés (E) és késődiasztolés (A) csúcssebességét (18. ábra), számítottuk ennek arányát (*E/A-hányados*), valamint a szívultrahang géphez csatlakoztatható három elvezetéses EKG készülék segítségével a *szívfrekvenciát*.



17. ábra. Csúcsi négyüregű felvétel

Rövidítések: LA = left atrium (bal pitvar), RA = right atrium (jobb pitvar), IAS = interatrial septum (pitvarok közötti sötvény), LV = left ventricle (bal kamra), RV = right ventricle (jobb kamra), IVS = interventricular septum (kamrák közötti sötvény) MV = mitral valve (kéthegeű billentyű), TV = tricuspidal valve (háromhegeű billentyű).
A kép bal alsó sarkában a szívultrahang géphez csatlakoztatott EKG-készülék által kirajzolt görbe látható.



18. ábra. Az E-hullám és az A-hullám mérése.

V.3. Statisztikai számítások

Az adatokat nemenként oszlopokba rendeztük és kétszélű, egymintás t-próbának vetettük alá. A szignifikancia szintet $p < 0,05$ -nél állapítottuk meg. A versenytáncosok más művészi sportágak művelőivel való összehasonlítására az alacsony elemszám miatt deskriptív (leíró) statisztikát készítettünk.

A szakdolgozatom összeállítása közben az irodalomban több helyen találkoztam azzal, hogy az E/A hányados értékét egyes szerzők szerint befolyásolják (27) különböző paraméterek, míg mások szerint ez független edzettségi jel (10) lehet. További összefüggések keresése végett ezért korrelációt számoltam a szívfrekvencia és az E/A-hányados értékei között.

A statisztikai számítások és hozzájuk tartozó táblázatok és grafikonok *Microsoft Office Excel 2013* és *StatSoft Statistica Version 10.0* szoftverekkel készültek.

A táblázatokban feltüntetett adatokat a kerekítés szabályai szerint 3 tizedes jegyig kerekítettem.

VI. Eredmények

A művészi sportágak képviselőit egymáshoz a kis elemszám miatt csupán egy deskriptív statisztikában viszonyítjuk. Az alábbi 1. táblázatban a relatív bal kamrai izomtömeg szerint rendeztem sorba a különböző sportolók adatait, eszerint a versenytáncosok a negyedik a sorban (negyedik legnagyobb rel. LVMM). A pulzus és az E/A-hányados szerint a másodikak (második leglassabb szívfrekvencia és második legnagyobb E/A-hányados).

A versenytáncosokat a többi művészi sportággal összehasonlítva egyik általunk vizsgált paraméterben sem adódott szignifikáns eltérés.

	N	átlag	min	max	SD	standard error
összes						
pulzus (bpm)	10	64,483	47,530	94,192	13,936	4,407
E/A	25	2,203	1,360	4,030	0,663	0,133
rel. LVMM (g/m ²)	25	68,889	48,391	89,946	9,793	1,959
torna						
pulzus (bpm)	1	57,837	57,837	57,837		
E/A	1	4,030	4,030	4,030		
rel. LVMM (g/m ²)	1	80,046	80,046	80,046		
szinkronúszás						
pulzus (bpm)	1	65,111	65,111	65,111		
E/A	1	2,160	2,160	2,160		
rel. LVMM (g/m ²)	1	78,202	78,202	78,202		
RSG						
pulzus (bpm)	1	76,707	76,707	76,707		
E/A	1	1,620	1,620	1,620		
rel. LVMM (g/m ²)	1	71,856	71,856	71,856		
versenytáncosok						
pulzus (bpm)	6	58,497	47,530	68,871	9,555	3,901
E/A	21	2,164	1,360	3,270	0,579	0,126
rel. LVMM (g/m ²)	21	68,528	48,391	89,946	9,559	2,086
aerobic						
pulzus (bpm)	1	94,192	94,192	94,192		
E/A	1	1,820	1,820	1,820		
rel. LVMM (g/m ²)	1	53,038	53,038	53,038		

1. táblázat Művészi sportágak összehasonlítása egymással.

Deskriptív statisztika. Saját ábra. Rövidítések: pulzus = szívfrekvencia, E/A = bal kamra korai és késői diasztolés telődési csúcssebességének hányadosa, rel. LVMM = relatív bal kamrai izomtömeg, N = a csoport elemszáma, min = a csoportban a legkisebb számértékű adat, max = a csoportban a legnagyobb számértékű adat, SD = standard deviáció, RSG = ritmikus sportgimnasztika.

A versenytáncosok szívfrekvenciája a kontroll személyekhez képest szignifikánsan alacsonyabb (átlagosan 60,156 ütés/perc vs. 68,422 ütés/perc, $p < 0.005$) volt, E/A-hányadosuk pedig szignifikánsan magasabbnak (2,164 vs. 1,763, $p < 0,005$) adódott. A relatív LVMM átlaga is a táncosokban magasabb, itt azonban nem sikerült szignifikanciát kimutatnunk.

	átlag tánc	átlag kont	t-érték	p	N tánc	N kont	SD tánc	SD kont
pulzus (bpm)	60,156	68,422	-3,161	0,002170	21	67	9,823	10,639
E/A	2,164	1,763	3,265	0,001555	21	70	0,579	0,466
rel. LVMM (g/m^2)	68,528	66,401	0,644	0,521525	21	70	9,559	14,181

2. táblázat. Versenytáncosok összehasonlítása kontroll személyekkel.

Saját ábra. Rövidítések: pulzus = szívfrekvencia, E/A = bal kamra korai és késői diasztolés telődési csúcssebességének hányadosa, rel. LVMM = relatív bal kamrai izomtömeg, átlag tánc = a versenytáncosok értékeinek átlaga, átlag kont = a kontroll személyek értékeinek átlaga, t-érték = a t-próba eredménye, p = szignifikancia, N tánc = a versenytáncosok száma, N kont = a kontroll személyek száma, SD tánc = a versenytáncosok értékeinek standard deviációja, SD kont = a kontroll személyek értékeinek standard deviációja

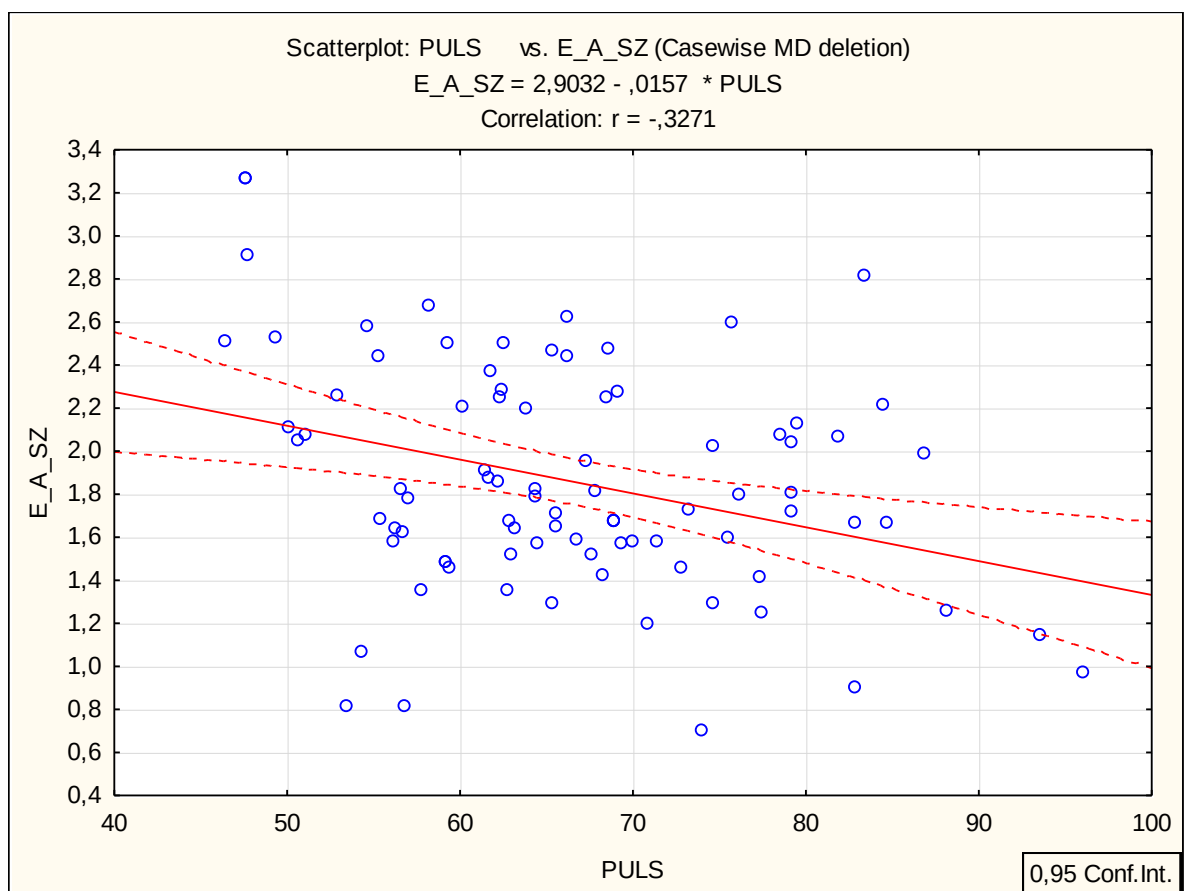
Nemek szerinti bontásban a férfiaknál csak a relatív LVMM bizonyult szignifikánsan nagyobbnak ($2,097 \text{ g/m}^2$ vs. $1,657 \text{ g/m}^2$, $p < 0,005$) a kontroll nem-edzett személyekénél, a szívfrekvencia és az E/A-hányados nem. Nőknél hasonlóképp csak a szívfrekvenciában adódott erősen szignifikáns különbség ($56,199$ ütés/perc vs. $70,224$ ütés/perc, $p < 0,0005$), míg a relatív LVMM és az E/A-hányadosok nem tértek el egymástól jelentősen a két csoportban.

		átlag tánc	átlag kont	t-érték	p	N tánc	N kont	SD tánc	SD kont
férfiak	pulzus (bpm)	64,510	67,541	-0,791	0,432	10	45	10,616	11,030
	E/A	73,559	71,820	0,443	0,659431	10	46	8,032	11,789
	rel. LVMM (g/m ²)	2,097	1,657	2,963	0,004524	10	46	0,469	0,416
nők	pulzus (bpm)	56,199	70,224	-4,176	0,000224	11	22	7,441	9,786
	E/A	63,953	56,014	1,878	0,069179	11	24	8,739	12,654
	rel. LVMM (g/m ²)	2,225	1,966	1,271	0,212513	11	24	0,681	0,496

3. táblázat. Versenytáncosok összehasonlítása kontroll személyekkel nemek szerinti csoportosításban.

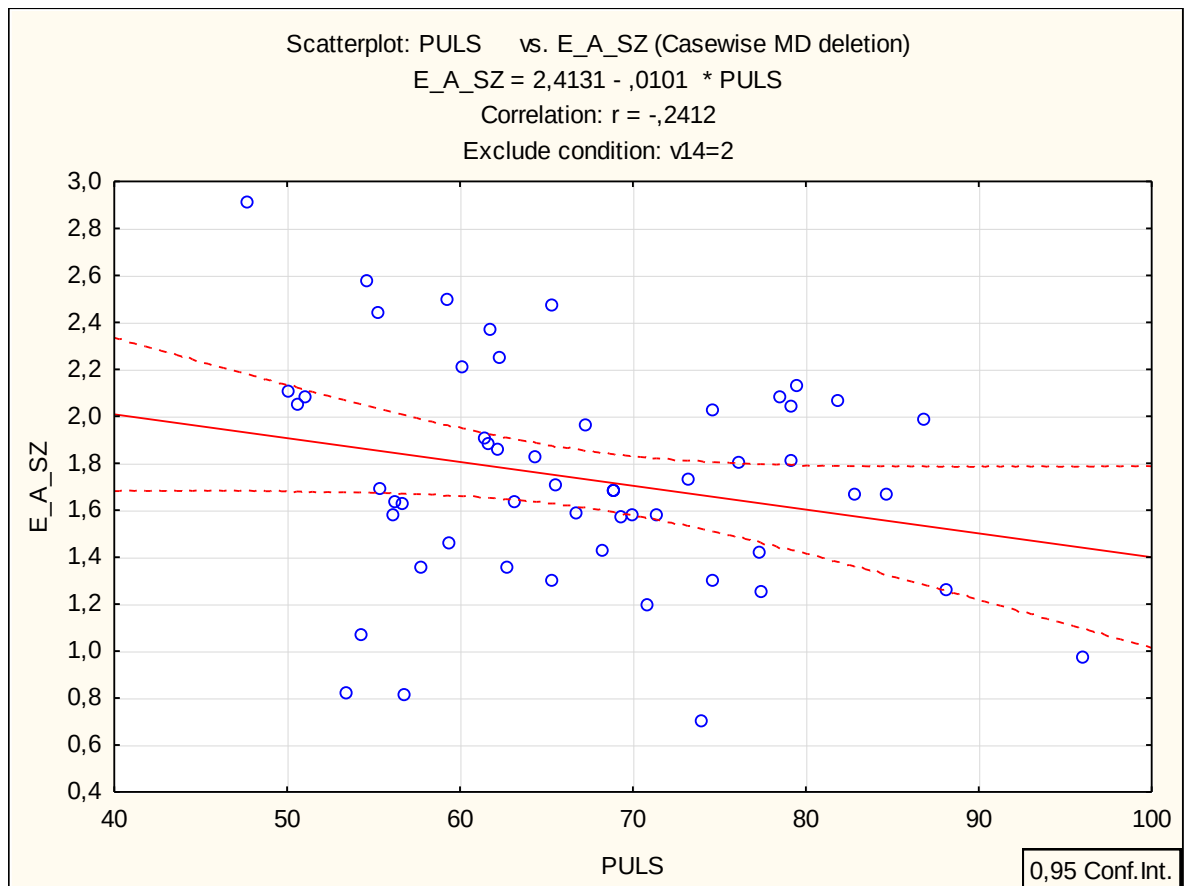
Saját ábra. Rövidítések: mint a 2. táblázatnál.

A versenytáncos mintán kiszámítottam az E/A-értékek és a szívfrekvencia korrelációját. A teljes mintán a korrelációs együttható $r = -0,327$ lett, csak a férfi táncosok adataiból számítva $r = -0,241$ és csak a női táncosok adataiból $r = -0,436$. Ez azt jelenti, hogy az általunk vizsgált mintán a nők esetében egy közepesen erős negatív korreláció áll fenn a szívfrekvencia és az E/A-hányados között, tehát alacsonyabb frekvencia magasabb E/A-hányadossal jár. A férfi táncosoknál és a teljes mintán nem korrelálnak a szívfrekvencia és az E/A-hányados. A korrelációt a 19., 20. és 21. ábra mutatja.



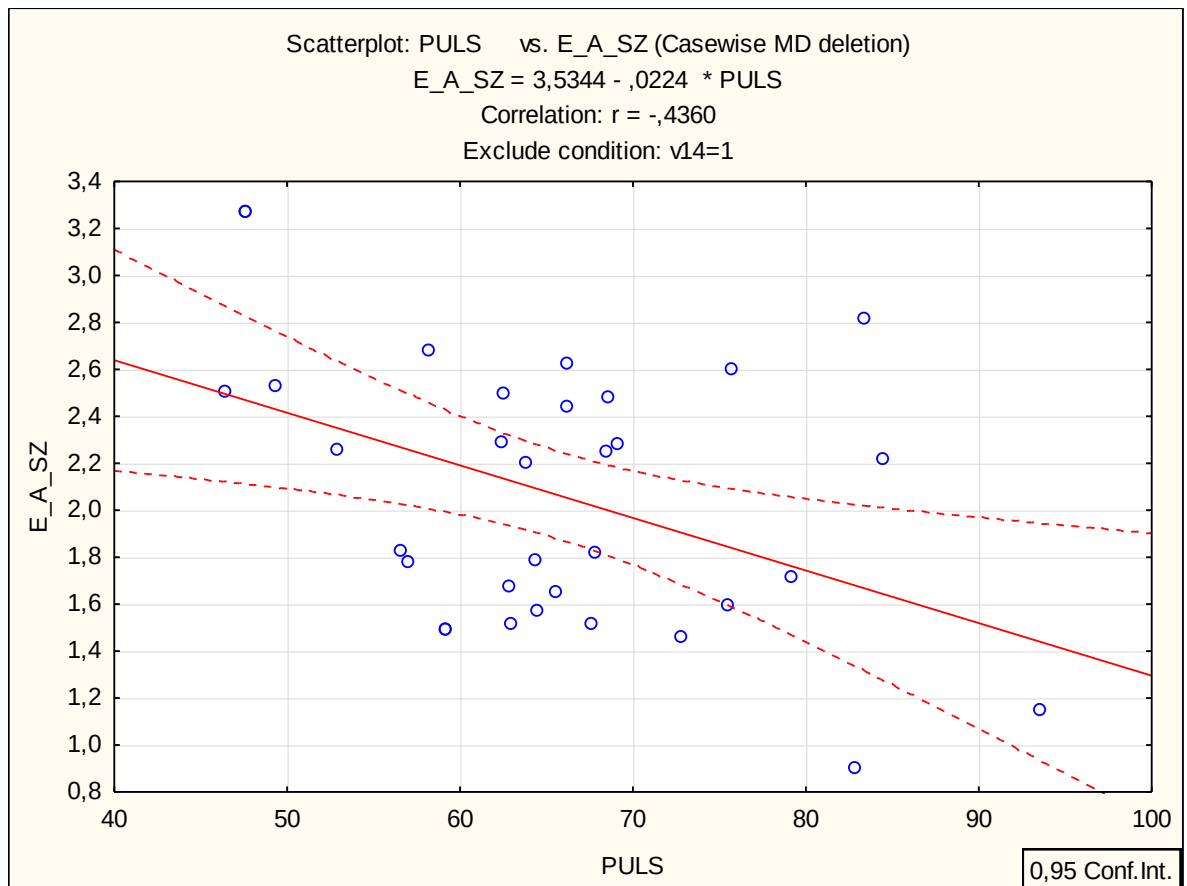
19. ábra. Versenytáncosok pulzusának és E/A-hányadosának korrelációja.

Saját ábra. Puls = szívfrekvencia, E_A_Sz = E/A-hányados = bal kamra korai és késői diasztolés telődési csúcssebességének hányadosa, r = korrelációs együttható.



20. ábra. Versenytáncosok pulzusának és E/A-hányadosának korrelációja (férfiak).

Saját ábra. Puls = szívfrekvencia, E_A_Sz = E/A-hányados = bal kamra korai és késői diasztolés telődési csúcssebességének hányadosa, r = korrelációs együttható.



21. ábra. Versenytáncosok pulzusának és E/A-hányadosának korrelációja (nők).

Saját ábra. Puls = szívfrekvencia, $E_A_Sz = E/A$ = bal kamra korai és késői diasztolés telődési csúcssebességének hányadosa, r = korrelációs együttható.

A versenytáncosok egymáshoz hasonlításakor a következő eredményeket kaptuk. A férfiak relatív bal kamrai izomtömege szignifikánsan nagyobbak adódott a nőknél (73.8 gramm/m² vs. 63.1 gramm/m², p < 0.05). A pulzusszámban és a diasztolés funkciót jelző E/A hányadosban nem találtunk jelentős különbséget.

Azonosító	Pulzus		rel. LVMM		E/A	
	Férfiak	Nők	Férfiak	Nők	Férfiak	Nők
1750425	79,512		70,099		2,130	
1750713	61,697		64,458		2,370	
1780417	57,731		80,839		1,360	
1850831	68,871		71,806		1,680	
1860225	64,343		74,453		1,830	
1880503	55,249		89,946		2,440	
1950202	47,695		72,000		2,910	
1970318	59,265		78,182		2,500	
1990312	81,867		62,005		2,070	
2711021		46,400		65,665		2,510
2770326		59,090		76,981		1,490
2800710		58,145		55,719		2,680
2810705		56,991		69,414		1,780
2861124		47,529		58,322		3,270
2880608		49,265		63,207		2,530
2891025		68,407		67,904		2,250
2910122		62,781		62,581		1,680
2950704		62,959		48,391		1,520
ÁTLAG	64,0254	56,841	73,754	63,132	2,143	2,19
p-érték	0,411		0,0417		0,988	

4. táblázat. Versenytáncosok összehasonlítása partnereikkel.

Saját ábra. Rövidítések: pulzus = szívfrekvencia, rel. LVMM = relatív bal kamrai izomtömeg, E/A = bal kamra korai és késői diasztolés telődési csúcssebességének hányadosa.

VII. Összefoglalás

Az edzett szív a fokozott kamrai terheléshez történő alkalmazkodás eredménye. Jelenti a megnövekedett bal kamrai falvastagságot és izomtömeget, végdiasztolés térfogatot, funkcionális (tágulékonyság) és szabályozásbeli (alacsonyabb pulzusszám) változásokat. Molekulárisan mindezt a G-fehérjéken keresztül ható jelátviteli utak modulálják.

A jelenséget nagyjából egy évszázada ismerjük, azóta számtalan kutatás zajlott ebben a témában.

Az említett változásokat tehát férfiakban és nőkben is megfigyelték már, de a két nemet nehéz egymással összehasonlítani, hiszen még az azonos szinten versenyzőknél is van különbség a férfiak és nők terhelésében. A versenytáncban azonban a páros két tagját, egy férfit és egy nőt azonos mennyiségű és intenzitású edzésterhelés éri, a nemi különbségeket ezért könnyebb vizsgálni.

Vizsgálatunk célja volt tehát megállapítani, egyrészt, hogy milyenek a versenytáncosok szívének edzettségi jelei a nem-edzettek és a többi művészi sportoló szívéhez viszonyítva, másrészt összehasonlítani a párosok férfi és női tagjaiban a szív edzettségi jeleit.

Kilenc férfi és kilenc női táncost vizsgáltunk Philips HD 15 szívultrahang készülékkel. Mértük a bal kamra belső átmérőjét, a szeptális falvastagságot és a bal kamra hátsó falának vastagságát. Az adatokból kalkuláltuk a bal kamrai izomtömeget, melyet a testfelület megfelelő hatványkitevőjére vonatkoztattunk. Meghatároztuk a transzmitrális áramlás koradiasztolés (E) és késődiasztolés (A) csúcssebességét, valamint a szívultrahang géphez csatlakoztatható három elvezetéses EKG készülék segítségével a szívfrekvenciát.

Az adatokat nemenként oszlopokba rendeztük és kétszélű, egymintás t-próbának vetettük alá.

A férfiak relatív bal kamrai izomtömege, az irodalmi adatoknak megfelelően, a mi felmérésünkben is nagyobbak adódott a nőkénel. A pulzusszámban és a diasztolés funkciót jelző E/A hányadosban azonban a várakozásokkal ellentétben nem találtunk különbséget. A versenytáncosok pulzusszáma, szintén a korábbi vizsgálatokkal összhangban, alacsonyabb, E/A hányadosa magasabb volt, mint a nem-edzetteké. A versenytáncosokat a többi művészi sportággal összehasonlítva egyik paraméterben sem adódott szignifikáns eltérés.

A férfiak és nők szíve is hasonlóképpen alkalmazkodik a hosszú távú fizikai terheléshez, így a diasztolés funkció javulása és a nyugalmi szívfrekvencia csökkenése jellemző mindkét nemre, ezt saját adataink is megerősítették. A bal kamra izomtömegének növekedését vizsgálatunkban a férfi sportolóknál nagyobb mérvűnek találtuk.

Ezen eredményekből egyelőre korlátozott következtetéseket vonhatunk csak le, hiszen kisszámú csoportokat vontunk be a mérésekbe, illetve a versenytáncosok között a magas osztályban versenyző, évek, akár tíznél több év óta heti 10-20 órát edző, fiatal, akár gyermekkorú táncosok mellett a hobbi szinten, kevés ideje, kis óraszámú táncoló és idősebb személyek is szerepeltek.

Az azonban így is világos, hogy a versenytánc jellegéből adódóan alkalmas hasonló kutatások lebonyolítására. Munkacsoportunk a jövőben is tervezi a sportorvosi vizsgálatra érkezők folyamatos monitorozását, összehasonlítási alapként, illetve versenytáncosok toborzását és követését további vizsgálatokhoz.

VIII. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Dr. Pavlik Gábornak és Major Zsuzsannának a dolgozat elkészítésében nyújtott elméleti támogatást és a Sportorvosi Tanszék eszközeinek rendelkezésre bocsátását. Az echokardiogramok a Semmelweis Egyetem Testnevelési és Sporttudományi Kar, Egészségtudományi és Sportorvosi Tanszék, Sporttudományi Kutatóintézetének anyagából származnak és Dr. Pavlik Gábor szíves engedelmével használtam fel őket.

Köszönöm Kemény Tamásnak és Princz Nórának a vizsgálati alanyaink, a táncosok bevonásában való közreműködést.

Tánctanáraink Tóth Tímea Sharyam, Jánosi Laci bácsi, Kovács Máté és Lengyel Balázs, mestereim, példaképeim. Köszönöm Szüleimnek, hogy évek óta finanszírozzák táncóráimat és nézik meg fellépéseimet.

Köszönöm az ábrák elkészítésében nyújtott segítséget és minden támogatást Nyirő Péternek, akitől sokat tanultam tánc és tanítás terén is, és aki minden táncos próbálkozásomban, legyen az fellépés, verseny, tanítás, vagy a hétköznapi nehézségek, amikkel tudásom csiszolgatása közben kell megküzdenem, bátorít és motivál.

IX. Irodalomjegyzék

1. Ales Zemva, Polona Rogel. Gender differences in athlete's heart: association with 24-h blood pressure. A study of pairs in sport dancing. *International Journal of Cardiology*. 2001., old.: 77, 49-54.
2. **A Magyar TáncSport Szakszövetség Versenytánc Szakág VERSENYSZABÁLYZATA.** Hatályba lépés időpontja: 2014. január 1..
3. József, Dubecz. *Általános edzéselmélet és módszertan. Jegyzet a középfokú edzőképzés részére.* Budapest : Rectus Kft., 2009.
4. Béla, Dr. Derzsy. *A gimnasztika alapjai.* Debrecen : Dr. Derzsy Béla, 2009. 963 214 731 6.
5. Csoknya Mária, Wilhelm Márta. *A sportmozgások biológiai alapjai I.* Pécsi Tudományegyetem, Szegedi Tudományegyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Eszterházy Károly Főiskola : Dialóg Campus Kiadó-Nordex Kft., 2011.
6. Gábor, Pavlik. *Élettan - sportélettan.* Budapest : Medicina Könyvkiadó Zrt., 2013. 978-963-226-341-0.
7. Farfelj, Vladimir Solomonovič. Az ember élettanának vezérfonala. 1948. In: Dubecz József "Általános edzéselmélet és módszertan".
8. Fonyó Attila, Ligeti Erzsébet. *Az orvosi élettan tankönyve.* Budapest : Medicina Könyvkiadó Zrt., 2008.
9. WHO. World Health Organization. *www.who.int.* [Online] 2011..
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/index.html>.
10. Gábor Pavlik, Zsuzsanna Major, B. Varga-Pintér, M. Jeserich, Zsuzsanna Kneffel. The athlete's heart. Part I. Review. *Acta Physiologica Hungarica*. 2010., old.: 97 (4), 337-353.
11. Kollai Márk, Lénárd Zsuzsanna, Studinger Péter. *Élettani Gyakorlatok.* Budapest : Semmelweis Kiadó, 2004.
12. Zsuzsa Miklós, Tamás Ivanics, Theo H.M. Roemen, Ger J. Van der Vusse, László Dézsi, Mária Szekeres, Péter Kemecsei, András Tóth, Márk Kollai, László Ligeti. Time related changes in calcium handling in the isolated ischemic and reperfused rat heart. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 2003. August, old.: Volume 250, Issue 1-2, pp 115-124.
13. Barry J. Maron, MD, FACC. Structural Features of the Athlete Heart as Defined by Echocardiography. *Journal of American College of Cardiology*. 1986. January, old.: JACC Vol 7. No 1. 190-203.
14. Henschen, Salamon Eberhardt. Skilanglauf und Skiwettlauf. Eine medizinische Sportstudie. 1899., old.: 2:15-18.

15. Huston P, Puffer JC, MacMillan Rodney W. The athletic heart syndrome. *New England Journal of Medicine*. 1985., old.: 315:24-32.
16. Edler I, Hertz CH. The use of ultrasonic reflectoscope for the continuous recording of the movements of heart walls. *In: Clinical Physiology and Functional Imaging 2004; 24:118–36*. 1954.
17. Rory B. Weiner, Aaron L. Baggish. Exercise-Induced Cardiac Remodeling. *Progress in Cardiovascular Diseases*. 2012., old.: (54) 380-386.
18. Mark S. Link, N.A. Mark Estes III. Sudden Cardiac Death in Athletes. *Progress in Cardiovascular Diseases*. 2008. July, old.: Volume 51, Issue 1 , Pages 44-57.
19. Antonio Pelliccia, Martin S. Maron, Barry J. Maron. Assessment of Left Ventricular Hypertrophy in a Trained Athlete: Differential Diagnosis of Physiologic Athlete's Heart From Pathologic Hypertrophy. 2012., old.: (54) 387-396.
20. Jörg Lauschke, Bernhard Maisch. Athlete's heart or hypertrophic cardiomyopathy? *Clinical Research in Cardiology*. 2009., old.: 98:80–88.
21. D J R Hildick-Smith, L M Shapiro. Echocardiographic differentiation of pathological and physiological left ventricular hypertrophy. *Heart*. 2001., old.: 85:615-619.
22. Georgina M Ellison, Cheryl D Waring, Carla Vicinanza, Daniele Torella. Physiological cardiac remodelling in response to endurance exercise training: cellular and molecular mechanisms. *British Medical Journal, Heart Online First*. 2011. augusztus 31.
23. Cindy Ruwhof, Arnoud van der Laarse. Mechanical stress-induced cardiac hypertrophy: mechanisms and signal transduction pathways. *Cardiovascular Research*. 2000., old.: (47) 23–37.
24. Ho, Carolyn Y. Genetics and Clinical Destiny: Improving Care in Hypertrophic Cardiomyopathy. *Circulation*. 2010. December 7, old.: 122(23): 2430–2440.
25. Gábor Pavlik, Zsuzsanna Major, Eszter Csajági, Michael Jeserich, Zsuzsanna Kneffel. The athlete's heart. Part II. Influencing factors on the athlete's heart: Types of sports and age (Review). *Acta Physiologica Hungarica*. 2013., old.: Vol. 100 (1) pp. 1-28.
26. Barry J. Maron, Antonio Pelliccia. The Heart of Trained Athletes: Cardiac Remodeling and the Risks of Sports, Including Sudden Death. *Circulation*. 2006., old.: 114:1633-1644.
27. Julie Barbier, Nathalie Ville, Gaelle Kervio, Guillaume Walther, François Carré. Sports-Specific Features of Athlete's Heart and their Relation to Echocardiographic Parameters. *Herz*. 2006., old.: Herz 31 Nr 6, 531-543.
28. Robert S. Finkelhor, MD, Lyn J. Hanak, BS, Robert C. Bahler, MD, FACC. Left Ventricular Filling in Endurance-Trained Subjects. *Journal of American College of Cardiology*. 1986., old.: 289-93.

29. Keith George, Angela Spence, Louise H Naylor, Gregory P Whyte, Daniel J Green. Cardiac adaptation to acute and chronic participation in endurance sports. *Heart*. 2011.
30. Babette M. Pluim, MD, és mtsai. The Athlete's Heart - A Meta-Analysis of Cardiac Structure and Function. *Circulation*. 2000., old.: 101:336-344.
31. L Petridis, Zs Kneffel, Zs Kispéter, P Horváth, Z Sidó, G Pavlik. Echocardiographic characteristics in adolescent junior male athletes of different sport events. *Acta Physiologica Hungarica*. 2004., old.: Volume 91 (2), pp. 99-109.
32. Brown, Margaret D. Exercise and coronary vascular remodelling in the healthy heart. *Experimental Physiology*. 2003., old.: 88.5, 645–658.
33. Barbara, Varga-Pintér, és mtsai. Felnőtt sportolók nyugalmi vérnyomása. *Sportorvosi Szemle*. 2009., old.: 50. évf. 1. sz. p. 11-16.
34. RH., Fagard. Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001. Jun, old.: 33(6 Suppl):S484-92; discussion S493-4.
35. Anna Foryst-Ludwig, Ulrich Kintscher. Sex differences in exercise-induced cardiac hypertrophy. *European Journal of Physiology*. 2013., old.: 465:731-737.
36. Corrado D, Pelliccia A, Heidbuchel H, Sharma S, Link M, Basso C, Biffi A, Buja G, Delise P, Gussac I, Anastasakis A, Borjesson M, Bjørnstad HH, Carrè F, Deligiannis A, Dugmore D, Fagard R, Hoogsteen J, Mellwig KP, Panhuyzen-Goedkoop N, Solberg E, Vanhees. Drezner J, Estes NA 3rd, Illiceto S, Maron BJ, Peidro R, Schwartz PJ, Stein R, Thiene G, Zeppilli P, McKenna WJ: Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *European Heart Journal*. 2010. Jan, old.: 31(2):243-59.
37. Bernardo BC, Weeks KL, Pretorius L, McMullen JR. Molecular distinction between physiological and pathological cardiac hypertrophy: experimental findings and therapeutic strategies. *Pharmacological Therapy*. 2010. Oct, old.: 128(1):191-227.
38. Andreas Kjaer, MD, PhD, DMS, Christian Meyer, MD, PhD, Kristian Wachtell, MD, PhD, Michael Hecht Olsen, MD, Hans Ibsen, MD, DMS, Lionel Opie, MD, PhD, Søren Holm, MS, PhD, Birger Hesse, MD, DMS. Positron Emission Tomographic Evaluation of Regulation of Myocardial Perfusion in Physiological (Elite Athletes) and Pathological (Systemic Hypertension) Left Ventricular Hypertrophy. *American Journal of Cardiology*. 2005. December, old.: Volume 96, Issue 12 , Pages 1692-1698, 15.
39. Kasikcioglu, Erdem. The role of echocardiographic screening in athletes for cardiovascular disease. *European Journal of Echocardiography*. 2006., old.: 7, 182-183.
40. Domenico Corrado, MD, PHD, Cristina Basso, MD, PHD, Maurizio Schiavon, MD, Antonio Pelliccia, MD, Gaetano Thiene, MD. Pre-Participation Screening of Young Competitive Athletes for Prevention of Sudden Cardiac Death. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008., old.: Vol. 52, No. 24.

41. Z. Gyimes, G. Pavlik, T. Simor. Magnetic Resonance Imaging Study for the Comparative Measurement of Cardiac Parameters Between Endurance and Power and Fast-Power Athletes. *Journal of Clinical Basic Cardiology*. 2004., old.: 7: 15–8.
42. JC., Puffer. The athletic heart syndrome: ruling out cardiac pathologies. *Physiology and Sportsmedicine*. 2002. Jul, old.: 30(7):41-7.
43. A Pelliccia, R Fagard, HH Bjørnstad, A Anastassakis, E Arbustini, D Assanelli, A Biffi, M Borjesson, F Carrè, D Corrado, P Delise, U Dorwarth, A Hirth, H Heidbuchel, E Hoffmann, KP Mellwig, N Panhuyzen-Goedkoop, A Pisani, EE Solberg, F van-Buuren, L Vanh. ees: Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease. *European Heart Journal*. 2005., old.: Volume 26, Issue 14Pp. 1422-1445. A consensus document from the Study Group of Sports Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology.
44. András, Varró. Sportolók hirtelen szívhalála - Ahogyan a kísérletes szív-elektrofiziológus látja. *LAM (Lege Artis Medicinæ)*. 2009., old.: 19(02).
45. Maron, BJ. Distinguishing hypertrophic cardiomyopathy from athlete's heart: a clinical problem of increasing magnitude and significance. *Heart*. 2005., old.: 91:1380–1382.
46. Manolas VM, Pavlik G, Bánhegyi A, Faludi J, Sidó Z, Olexó Z. Echocardiographic changes in the development of the athlete's heart in 9 to 20-year-old male subjects. *Acta Physiologica Hungarica*. 2001., old.: 88(3-4):259-70.
47. Jerald L. Cohen, MD, Prem K. Gupta, MD, FACC, Edgar Lichstein, MD, FACC, Kul D. Chadda, MD, FACC. The heart of a dancer: Noninvasive cardiac evaluation of professional ballet dancers. *The American Journal of Cardiology*. 1980. May, old.: Volume 45, Issue 5, Pages 959–965.
48. Whyte, Gregory P, és mtsai. Electrocardiography and Echocardiography Findings in Contemporary Dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*. 2003. September, old.: Volume 7, Number 3, pp. 91-95(5).
49. Richard B. Devereux, M.D., Nathaniel Reichek, M.D. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method. *Circulation*. 1977., old.: 55:613-618.
50. Garber CE, McKinney JS, Carleton RA. Is aerobic dance an effective alternative to walk-jog exercise training? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1992. Jun, old.: 32(2):136-41.
51. Matthew Wyon, Emma Redding. Physiological Monitoring Of Cardiorespiratory Adaptation During Rehearsal And Performance Of Contemporary Dance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005., old.: 19(3), 000±000.
52. Wyon, Matthew. Testing an aesthetic athlete: contemporary dance and classical ballet dancers. [szerk.] Andrew M. Jones, R.C. Richard Davison, Paul D. Bromley, Tom H. Mercer

Edward M. Winter. *Sport and Exercise - Physiology Testing Guidelines - The British Association of Sport and Exercise Sciences Guide*. hely nélkül : Routledge, 2007, Volume Two - Exercise and Clinical Testing. kötet, Chapter 25.

53. Yiannis Koutedakis, Athanasios Jamurtas. The Dancer as a Performing Athlete - Physiological Considerations. *Sports Medicine*. 2004., old.: 34 (10): 651-661.

54. Bria S, Bianco M, Galvani C, Palmieri V, Zeppilli P, Faina M. Physiological characteristics of elite sport-dancers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2011. Jun, old.: 51(2):194-203.

55. Alīna Kļonova, Juris Kļonovs. Heart Rate And Energy Consumption During Standard Sport Dancing. *LASE JOURNAL OF SPORT SCIENCE*. 2010.

56. Helena Liliv, Toivo Jürimäe, Jarek Mäestu, Priit Purge, Aave Hannus, Jaak Jürimäe. Physiological characteristic of elite dancers of different dance styles. *European Journal of Sport Science*. 2014., old.: 14:supl, S429-S436.

57. Orvos-világszövetség, World Medical Association. Az Orvos-világszövetség Helsinki deklarációja - Etikai irányelvek az embereken történő orvosi kutatások terén. 1964, utoljára módosítva 2008.

58. Du Bois D, Du Bois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine*. 1916. Jun, old.: 17 (6): 863–71. PMID 2520314. Retrieved 2012-09-09..

X. Táblázatjegyzék

1. táblázat Művészi sportágak összehasonlítása egymással.....	44
2. táblázat. Versenytáncosok összehasonlítása kontroll személyekkel.....	45
3. táblázat. Versenytáncosok összehasonlítása kontroll személyekkel nemek szerinti csoportosításban.....	46
4. táblázat. Versenytáncosok összehasonlítása partnereikkel.	50

XI. Ábrajegyzék

1. ábra. A szív vérellátása.	5
2. ábra. A szinusz-csomó akciós potenciálja	9
3. ábra. A szívizomsejtek akciós potenciálja.	10
4. ábra. Szívciklus és a bal kamra munkadiagramja.	11
5. ábra. Az E/A-hányados különböző életkorú férfiakban és nőkben.	12
6. ábra. Frank-Starling mechanizmus.	14
7. ábra. A verőtérfogat szabályozása az előterhelés változtatásával.	16
8. ábra. A verőtérfogat szabályozása az utóterhelés változtatásával.	17
9. ábra. Sorozatos edzésterhelések növelik a teljesítményt	18
10. ábra. A bal kamra relatív izomtömege sportágak szerint.....	24
11. ábra. A bal kamra relatív izomtömege edzettség, kor és nem szerint.	25
12. ábra. A muszkuláris kvóciens	25
13. ábra. A nyugalmi szívfrekvencia	28
14. ábra. A szívciklus időtartamai edzet és nem edzett személyekben, nyugalomban. ..	28
15. ábra. Táncosok életkori megoszlása és sportkoruk az életkorhoz viszonyítva.....	40
16. ábra. Kétdimenzionálisan irányított M-mód felvétel.	41
17. ábra. Csúcsi négyüregű felvétel	42
18. ábra. Az E-hullám és az A-hullám mérése.	43
19. ábra. Versenytáncosok pulzusának és E/A-hányadosának korrelációja.	47
20. ábra. Versenytáncosok pulzusának és E/A-hányadosának korrelációja (férfiak).	48
21. ábra. Versenytáncosok pulzusának és E/A-hányadosának korrelációja (nők).	49

XII. Függelék