

EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI

Bėgikų širdies struktūra ir funkcija*

Tomas Venckūnas, Rasa Raugalienė¹, Edita Jankauskienė²

Lietuvos kūno kultūros akademija, ¹Kauno medicinos universiteto Kardiologijos institutas,

²Kauno medicinos universitetas

Raktažodžiai: echokardiografija, miokardo hipertrofija, vidutinių ir ilgųjų nuotolių bėgimas.

Santrauka. Darbo tikslas. Palyginti skirtingos specializacijos aerobinę ištvermę lavinančių bėgikų širdies struktūrą ir funkciją ramybės būsenos metu.

Tyrimo medžiaga ir metodai. 22 vidutinių, 31 ilgųjų ir 11 ilgiausių nuotolių vidutinio ir aukšto meistriškumo suaugusiems bėgikams (vyrams), gulintiems ant kairiojo šono, atlikome standartinę M, 2-D režimų ir doplerio echokardiografiją.

Rezultatai. Ilgųjų ir ilgiausių nuotolių bėgikų kairiojo skilvelio masė ir kairiojo skilvelio masės indeksas buvo didesni ($p < 0,05$) už vidutinių nuotolių bėgikų (grupių vidurkiai: apie 288, 305 ir 250 g bei 153, 160 ir 130 g/m², atitinkamai) esant didesniai ($p < 0,05$) tiek diastoliniam tarpkilvelinės pertvaros (10,6, 11,1 ir 9,8 mm, atitinkamai), tiek diastoliniam kairiojo skilvelio užpakalinės sienos (10,7, 11,5 ir 10,0 mm, atitinkamai) storiumi. Ilgiausių nuotolių bėgikų kairiojo skilvelio masė ir jo masės indeksas nuo ilgųjų nuotolių bėgikų nesiskyrė ($p > 0,05$), tačiau diastolinis kairiojo skilvelio užpakalinės sienos storis buvo didesnis ($p < 0,05$). Ilgiausių nuotolių bėgikų santykinis kairiojo skilvelio sienos storis buvo reikšmingai ($p < 0,05$) didesnis už vidutinių nuotolių bėgikų (0,402 ir 0,362, atitinkamai). Ilgiausių nuotolių bėgikų dešiniojo skilvelio ertmės skersmuo buvo statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) didesnis ir už vidutinių, ir už ilgųjų nuotolių bėgikų (grupių vidurkiai – 25,8, 20,7 ir 21,4 mm, atitinkamai), o dešiniojo skilvelio siena storesnė už vidutinių nuotolių bėgikų (grupių vidurkiai – 6,7 ir 5,9 mm, atitinkamai) ($p < 0,05$). Diastolinė kairiojo skilvelio funkcija, vertinta pagal santykį tarp pradinio ir dėl prieširdžio susitraukimo maksimalių kraujo greičių per mitralinį vožtuvą, taip pat diastolinis kairiojo skilvelio skersmuo (grupių vidurkis – 55,5–56,4 mm) tarp skirtingos specializacijos bėgikų nesiskyrė ($p > 0,05$).

Išvados. Ilgųjų ir ilgiausių nuotolių bėgikų miokardas yra hipertrofavesis labiau nei vidutinių nuotolių bėgikų dėl ryškesnio fiziologinio kompensacinio sienos sustorėjimo adaptuojantis specifiškiems aerobinei ištvermei lavinantiems fiziniams krūviams.

Išvadas

Dėl nuolatinio treniruotės metu atliekamo fizinio krūvio proporcingai padidėjusi didelio darbingumo sveikų žmonių širdis yra vadinama „sportininko širdimi“ (1). Nuo patologinės „atleto širdis“ skiriasi ne tik proporcingu dydžiu (daug didesniu) sistoliniu tūriu bei išstūmimo frakcija (IF) sunkaus fizinio krūvio metu (2), bet ir ramybės būsenos echokardiografijos rodikliais, pvz., kairiojo skilvelio (KS) sienos storio ir ertmės skersmens santykiu (3), proporcingai padidėjusiu visų keturių širdies kamerų skersmeniu ir sienų storiumi (4) bei normalia ar net geresne už sveikų nesportuojančių asmenų KS diastolinė funkcija, ypač fizinio krūvio metu (5–8).

Mokslinėje literatūroje, kur aprašyta ištvermę lavinančių sportininkų ilgalaikė adaptacija prie fizinio krūvio, galima rasti nemažai informacijos apie ryšį tarp širdies ir kraujagyslių sistemos morfologinių ir fizinio pajėgumo rodiklių. Pavyzdžiui, nustatytas stiprus tiesioginis ryšys tarp triatlonininkų KS masės ir vidutinio važiavimo dviračiu greičio ultratriatlono varžybose (9); stiprus tiesioginis ryšys tarp aerobinę ištvermę lavinančių sportininkų galinio diastolinio KS skersmens ir maksimaliojo deguonies sunaudojimo (10), KS masės indekso ir maksimaliojo deguonies sunaudojimo (11), taip pat tarp kairiojo ar dešiniojo skilvelio masės bei maksimaliojo deguonies sunaudojimo (1).

Adresas susirašinėti: T. Venckūnas, Lietuvos kūno kultūros akademijos Taikomosios fiziologijos ir sveikatos ugdymo katedra, Sporto 6, 44221 Kaunas. El. paštas: t.venckunas@lkka.lt

* The full-length article in English can be found at <http://medicina.kmu.lt>

Skirtumai tarp jėgą ir aerobinę ištvermę lavinančių sportininkų širdies struktūros jau seniai tyrinėjami ir aprašyti (12). Dabar vis labiau tyrinėjami galimi skirtumai tarp skirtingų ištvermės sporto šakų atstovų miokardo remodeliavimosi (13). Skirtumai tarp vidutinių ir ilgųjų ar ilgiausių nuotolių bėgikų echokardiografijos rodmenų mokslinėje literatūroje iki šiol neminimi. Šio tyrimo tikslas – palyginti skirtingos specializacijos aerobinę ištvermę lavinančių bėgikų širdies struktūrą ir funkciją.

Tirtųjų kontingentas ir tyrimo metodai

Dalyvauti tyrime sutiko 64 vidutinio ir aukšto meistriškumo bėgikai: 22 – vidutinių nuotolių (pagrindinis varžybų nuotolis – nuo 600 iki 2000 m); 31 – ilgųjų nuotolių (pagrindinis varžybų nuotolis – nuo 3000 m iki 21 km); 11 – ilgiausių nuotolių (pagrindinis varžybų nuotolis – maratonas (42,195 km arba daugiau)). Bėgikų amžius – nuo 18 iki 44 metų; kūno masė – nuo 56 iki 82 kg, treniravimosi trukmė – nuo 3 iki 22 val. per savaitę. Visi sportininkai tyrimo laikotarpiu treniravosi įprastais sau krūviais bei dalyvaudavo varžybose. Antropometrinių rodiklių vidurkiai tarp grupių reikšmingai nesiskyrė. Aukščiau minėtų ir kitų tiriamųjų grupes charakterizuojančių rodiklių vidurkiai ir 95 proc. pasikliautinieji intervalai vidurkiui pateikiami pirmoje lentelėje.

Echokardiografija. Tiriamiesiems, gulintiems ant kairiojo šono, ultragarsiniu aparatu „AU3 Partner“ (Esate Biomedica, Genuja, Italija) su 2,5 MHz davikliu atlikome standartinę transtorakalinę M ir 2-D režimų echokardiografiją. Dopleriu išmatavome kraujo tėkmės per mitralinį vožtuvą greitį. Patyręs kardiologas atliko tris kiekvieno rodmens matavimus. Apskaičiuotas vidurkis. Tiriamieji prieš echokardiografinį tyrimą bent 16 val. nespportavo ir 2 val. nevalgė.

Matavimus atlikome parasternalinėje ilgojoje ašyje diastolės pabaigoje (EKG-os QRS komplekso pradžioje) ir sistolės pabaigoje (T dantelio pabaigoje): vadovaudamiesi Amerikos echokardiografijos asociacijos rekomendacijomis (14), išmatavome pertvaros storį, KS skersmenį ir užpakalinės sienos storį, taip pat dešiniojo skilvelio (DS) skersmenį ir sienos storį diastolės pabaigoje.

KS masė apskaičiuota taikant Penn konvencijoje priimtą Devereux (15) koreguotą formulę:

$$KS \text{ masė (g)} = 1,04 \times [(PSd + KSDs + KSUSd)^3 - KSDs^3] - 13,6,$$

kur: PSd – pertvaros storis diastolės pabaigoje; KSDs – KS skersmuo diastolės pabaigoje; KSUSd – KS užpakalinės sienos storis diastolės pabaigoje (cm).

KS masės indeksą apskaičiuojame KS masę padaliję iš kūno paviršiaus ploto. KS konstatuojamas

1 lentelė. Skirtingos specializacijos ištvermę lavinančių bėgikų charakteristika

| Charakteristika | Vidutinių nuotolių bėgikai (n=22) | | Ilgųjų nuotolių bėgikai (n=31) | | Ilgiausių nuotolių bėgikai (n=11) | |
|--------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------|--|-----------------------------------|--|
| | imties aritmetinis vidurkis | 95 proc. pasikliautinis intervalas vidurkiui | imties aritmetinis vidurkis | 95 proc. pasikliautinis intervalas vidurkiui | imties aritmetinis vidurkis | 95 proc. pasikliautinis intervalas vidurkiui |
| Amžius, metai | 21 | 20–22 | 22 | 20–24 | 35 | 33–38*• |
| Ūgis, m | 1,82 | 1,79–1,84 | 1,80 | 1,78–1,82 | 1,81 | 1,77–1,84 |
| Kūno masė, kg | 70,8 | 68–73,5 | 68,4 | 66,2–70,5 | 70,2 | 68,0–72,4 |
| KMI, kg/m ² | 21,5 | 20,7–22,3 | 21,1 | 20,4–21,7 | 21,5 | 20,6–22,5 |
| ŠSD ramybėje, k/min. | 58,1 | 53,2–63,0 | 55,0 | 52,0–58,1 | 54,0 | 49,4–58,6 |
| Sistolinis AKS, mmHg | 136 | 131–141 | 130 | 125–135 | 133 | 129–137 |
| Diastolinis AKS, mmHg | 71 | 66–76 | 71 | 68–73 | 80 | 72–87*• |
| Treniravimosi stažas, metai | 7 | 6–8 | 8 | 6–11 | 18 | 13–23*• |
| Treniravimosi trukmė, val/sav. | 7,7 | 6,5–8,8 | 8,6 | 7,2–10,0 | 11,3 | 8,8–13,8*• |

AKS – arterinis kraujospūdis, KMI – kūno masės indeksas, ŠSD – širdies susitraukimų dažnis.

* Rodiklių vidurkiai reikšmingai skiriasi nuo vidutinių nuotolių bėgikų (p<0,05).

• Rodiklių vidurkiai reikšmingai skiriasi nuo ilgųjų nuotolių bėgikų (p<0,05).

hipertrofavęsis remiantis 2003 m. Europos kardiologų ir hipertenzijos draugijų rekomendacijomis, jei jo masės indeksas didesnis nei 125 g/m^2 . Santykinis KS sienos storis (hipertrofijos indeksas) apskaičiuotas KS užpakalinės sienos ir tarpkilvelinės pertvaros storių sumą diastolės pabaigoje padalijus iš KS skersmens diastolės pabaigoje. KS išstūmimo frakciją (IF) apskaičiavome pagal standartinę formulę.

Dopleriu diastolės metu išmatavę maksimalų (angl. *early*, E) ir dėl prieširdžio (angl. *atrium*, A) susitraukimo per mitralinę vožtuvą tekančio kraujo greitį (m/s), diastolinę funkciją, įvertinome suskaičiavę jų santykį (E/A).

Širdies susitraukimų dažnį matavome echokardiografinio tyrimo metu (tiriamajam gulint), o arterinį kraujospūdį (AKS) – po minėto tyrimo tiriamajam sėdint. Bėgikams taip pat pateikėme anketą, kur jie parašė savo amžių, treniravimosi stažą (metais) bei treniravimosi trukmę (per savaitę).

Matematinė statistika. Tikrindami hipotezę apie populiacijų tirtų rodiklių vidurkių lygybę, taikėme *t* testą nepriklausomoms imtims. Kriterijaus reikšmingumo lygmenį pasirinkome $p < 0,05$.

Tyrimo rezultatai

Reikšmingai didesni ilgujų ir ilgiausiųjų nuotolių bėgikų KS masė ir KS masės indeksas nustatyti dėl didesnio nei vidutinių nuotolių bėgikų tiek tarpkilvelinės pertvaros, tiek KS užpakalinės sienos storio ($p < 0,05$). Nenustatėme reikšmingų skirtumų tarp ilgujų ir vidutinių nuotolių bėgikų dešiniojo skilvelio morfologijos parametru, tačiau ilgiausiųjų nuotolių bėgikų dešiniojo skilvelio siena buvo statistiškai reikšmingai storesnė už vidutinių nuotolių bėgikų, o dešiniojo skilvelio ertmės skersmuo – didesnis nei abiejų kitų grupių bėgikų ($p < 0,05$). Visų grupių bėgikų echokardiografinio tyrimo duomenys pateikiami antroje lentelėje.

Ilgiausiųjų nuotolių bėgikų KS masė ir KS masės indeksas nuo ilgujų nuotolių bėgikų nesiskyrė ($p > 0,05$).

Nustatėme ištvėrmę lavinantiems sportininkams būdingą bradikardiją ramybės būsenos metu (72 proc. bendrosios grupės bėgikų ŠSD mažesnis kaip 60 k/min., tarp jų keliais atvejais mažiau kaip 45 k/min.) ir miokardo hipertrofiją (80 proc. bėgikų KS masės indeksas buvo didesnis už 125 g/m^2). 9 iš 22 tirtų vidutinių nuotolių bėgikų (41 proc.) ir 4 iš 31 tirtų ilgujų nuotolių bėgikų (13 proc.) KS masės indeksas buvo mažesnis kaip 125 g/m^2 , tačiau to nenustatyta nė vienam iš 11 tirtų ilgiausiųjų nuotolių bėgikų. Mažiausias (vidutinio meistriškumo ilgujų nuotolių bėgiko) KS masės indek-

sas buvo 92 g/m^2 . Jo diastolinis tarpkilvelinės pertvaros storis – 7,2 mm, KS užpakalinės sienos storis – 7,8 mm bei santykinis sienos storis – 0,263 taip pat buvo mažiausi (diastolinė KS funkcija buvo normali – E/A=1,6). Didžiausias (ilgujų nuotolių bėgiko olimpiečio) KS masės indeksas buvo $225,4 \text{ g/m}^2$ (KS masė – 435 g). Šio sportininko dešinysis skilvelis taip pat buvo didžiausias (skersmuo diastolėje – 30,6 mm, sienos storis – 10 mm), tarpkilvelinės pertvaros storis diastolės pabaigoje – 14,4 mm, o sistolės pabaigoje – 18,6 mm, KS užpakalinės sienos storis diastolės pabaigoje – 14,4 mm, sistolės pabaigoje – 22,2 mm ir santykinis sienos storis – 0,52. Jo KS diastolinė funkcija buvo normali (E/A>1,5).

Sunkesni nei 300 g KS apskaičiavome turint 21 sportininką iš visų ištirtų (33 proc.) bei 3 iš 22 ištirtų vidutinių nuotolių bėgikų (14 proc.). Didesnis nei 0,45 santykinis KS sienos storis nustatytas penkiems atletams (8 proc.), tarp kurių nebuvo nė vieno vidutinių nuotolių bėgiko.

20 (31 proc.) bendrosios grupės sportininkų dešiniojo skilvelio skersmuo diastolėje buvo didesnis kaip 24 mm, tarpkilvelinė pertvara ar KS užpakalinė siena diastolės metu buvo storesnė kaip 11 mm. Didesni nei 7 mm dešiniojo skilvelio sienos storį nustatėme 11 bendrosios grupės bėgikų (17 proc.), o platesni kaip 55 mm skersmens KS diastolėje – 39 atletams (61 proc.). Minėtas ribas viršijo šiek tiek mažesnis procentas vidutinių nuotolių bėgikų.

Tirtų bėgikų dešiniojo skilvelio skersmuo svyravo nuo 12,6 iki 35 mm; dešiniojo skilvelio sienos storis – nuo 4,8 iki 10 mm, E – nuo 0,61 iki 0,98 m/s, A – nuo 0,28 iki 0,62 m/s. Devynių bėgikų (14 proc.) santykis tarp E ir A buvo didesnis už 2.

IF ramybės būsenos metu reikšmingai skyrėsi tik tarp ilgujų ir vidutinių nuotolių bėgikų ($p < 0,05$), o diastolinė KS funkcija, vertinta santykiu tarp pradinio ir dėl prieširdžio susitraukimo maksimalių kraujo tėkmės greičių per mitralinę vožtuvą (E/A), tarp grupių reikšmingai nesiskyrė ($p > 0,05$), nors ir ilgujų, ir ilgiausiųjų nuotolių bėgikų pradinis kraujo tėkmės maksimalus greitis diastolėje (E) buvo reikšmingai mažesnis už vidutinių nuotolių bėgikų ($p < 0,05$) (2 lentelė). Nė vieno iš mūsų tirtų sportininkų E/A nebuvo mažesnis kaip 1 (intervale tarp 1,2 ir 2,75).

Rezultatų aptarimas

Įdomu pastebėti, kad, nepaisant statistiškai nereikšmingai mažesnių ilgujų ir ilgiausiųjų nuotolių bėgikų ramybės sistolinio AKS ir ŠSD bei kūno masės ($p > 0,05$) (1 lentelė), jų miokardo hipertrofija buvo statistiškai reikšmingai didesnė (tarpkilvelinė pertvara

2 lentelė. Skirtingos specializacijos ištvermę lavinančių bėgikų echokardiografijos tyrimo rodmenys rambės būsenos metu

| Charakteristika | Vidutinių nuotolių bėgikai (n=22) | | Ilgųjų nuotolių bėgikai (n=31) | | Ilgiausiųjų nuotolių bėgikai (n=11) | |
|--|-----------------------------------|--|--------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| | imties aritmetinis vidurkis | 95 proc. pasikliautinasis intervalas vidurkiui | imties aritmetinis vidurkis | 95 proc. pasikliautinasis intervalas vidurkiui | imties aritmetinis vidurkis | 95 proc. pasikliautinasis intervalas vidurkiui |
| Tarpkilvelinės pertvaros storis diastolėje, mm | 9,8 | 9,3–10,3 | 10,6 | 10,1–11,1* | 11,1 | 10,5–11,7* |
| Tarpkilvelinės pertvaros storis sistolėje, mm | 13,9 | 13,1–14,6 | 13,9 | 13,3–14,5 | 15,3 | 14,5–16,2** |
| KS skersmuo diastolėje, mm | 55,5 | 53,5–56,4 | 56,1 | 55,0–57,2 | 56,4 | 54,9–57,9 |
| KS skersmuo sistolėje, mm | 33,8 | 32,3–35,3 | 37,0 | 35,8–38,2* | 35,7 | 33,6–37,3 |
| Užpakalinės KS sienos storis diastolėje, mm | 10,0 | 9,6–10,4 | 10,7 | 10,2–11,1* | 11,5 | 10,8–12,1** |
| Užpakalinės KS sienos storis sistolėje, mm | 17,3 | 16,6–18,1 | 17,1 | 16,31–17,9 | 18,2 | 17,1–19,3 |
| Santykinis KS sienos storis | 0,362 | 0,343–0,381 | 0,380 | 0,362–0,400 | 0,402 | 0,372–0,431* |
| KS masė, g | 250,0 | 229,7–270,3 | 287,6 | 269,5–305,7* | 305,1 | 281,3–328,8* |
| KS masės indeksas, g/m ² | 130,1 | 120,0–140,2 | 152,8 | 143,0–162,6* | 160,0 | 147,2–172,5* |
| Išmetimo frakcija, proc. | 67,6 | 65,2–70,1 | 62,7 | 60,8–64,6* | 65,9 | 62,1–69,6 |
| DS skersmuo diastolėje, mm | 20,7 | 19,2–22,2 | 21,4 | 19,7–23,1 | 25,8 | 23,0–28,7** |
| DS sienos storis diastolėje, mm | 5,9 | 5,5–6,2 | 6,3 | 5,9–6,7 | 6,7 | 6,0–7,4* |
| E, m/s | 0,83 | 0,80–0,87 | 0,78 | 0,75–0,81* | 0,75 | 0,70–0,79* |
| A, m/s | 0,47 | 0,45–0,50 | 0,45 | 0,43–0,48 | 0,48 | 0,43–0,54 |
| E/A | 1,78 | 1,67–1,90 | 1,75 | 1,65–1,85 | 1,61 | 1,35–1,87 |

KS – kairysis skilvelis, DS – dešinysis skilvelis.

* Rodiklių vidurkiai skiriasi reikšmingai nuo vidutinių nuotolių bėgikų ($p < 0,05$).

• Rodiklių vidurkiai skiriasi reikšmingai nuo ilgųjų nuotolių bėgikų ($p < 0,05$).

ir KS užpakalinė siena storesnė, KS masė bei KS masės indeksas – didesni ($p < 0,05$) (2 lentelė) už vidutinių nuotolių bėgikų. Nustatytus skirtumus siejame su sportininkų miokardo adaptacija skirtingo pobūdžio fiziniam krūviui: ilgųjų, ypač ilgiausiųjų nuotolių bėgikų pratybose vyrauja didelės trukmės nekintančio intensyvumo fizinis krūvis mažesniu nei maksimalusis deguonies suvartojimas intensyvumu, o vidutinių nuotolių bėgikų pratybose dažnai taikomas intervalinis treniravimosi metodas, kurio esmė – intensyvaus dar-

bo (esant maksimaliajam deguonies suvartojimui ar didesniu intensyvumu) kaitaliojimas aktyviu ar pasyviu poilsiu.

Ilgiausiųjų nuotolių bėgikų echokardiografijos tyrimo rodmenys šiek tiek skiriasi nuo Japonijos 100 km bėgikų (16). Manome, kad mūsų bėgikų KS skersmuo yra mažesnis, o sienos storesnė dėl skirtingos treniravimosi metodikos ir genetinių veiksnių (skirtingos rasės), nes mūsų tiriamųjų amžius ir treniravimosi trukmė buvo panašūs į japonų.

Didžiausias mūsų išmatuotas KS skersmuo diastolės pabaigoje buvo 64 mm (ilgųjų nuotolių bėgiko). Japonų mokslininkai, tyrę 100 km bėgikus, nustatė, kad daugiau kaip 10 proc. jų KS skersmuo diastolės pabaigoje buvo didesnis nei 70 mm (16). Taigi negalime teigti, jog mūsų tirtų sportininkų KS dilatacija buvo labai ryški. Nors ilgųjų ir ilgiausiųjų nuotolių bėgikų KS skersmuo buvo tik nereikšmingai didesnis už vidutinių nuotolių bėgikų ($p > 0,05$) (2 lentelė), galima daryti išvadą, kad sportininkų specializacija, o kartu treniravimosi pobūdis yra svarbūs veiksniai KS dilatacijos dydžiui.

Reikšmingi skirtumai tarp kai kurių ilgųjų ir ilgiausiųjų nuotolių bėgikų echokardiografijos parametrų vidurkių (2 lentelė) leidžia teigti, jog ilgiausiųjų nuotolių bėgikų gebėjimui atlikti labai didelį fizinį krūvį (labai greitai nubėgti 42 km ar dar ilgesnį nuotolį) turi įtakos ne tik anaerobinės apykaitos slenksčiai, kuriuos labiau nei maksimalus minutinis širdies tūris riboja dirbančių raumenų gebėjimas sunaudoti jiems kraujo sistema atnešamą deguonį (17), tačiau ir atitinkamas fiziologinės miokardo hipertrofijos dydis, kuris ilgo fizinio krūvio metu gali lemti sistolinio tūrio palaikymą.

Pažymėtina, jog miokardo hipertrofija pasireiškia ne visiems aerobinę ištvermę lavinantiems sportininkams. Viena iš įvardijamų struktūrinių miokardo pokyčių (remodeliavimosi) nepasireiškimo priežasčių yra per maža sporto pratybose atsirandanti miokardo apkrova (2, 18). Tuo galima paaiškinti mūsų atliktos analizės rezultatus, jog 41 proc. vidutinių nuotolių bėgikų ir 13 proc. ilgųjų nuotolių bėgikų KS masės indeksas buvo mažesnis nei 125 g/m^2 , tačiau nė vieno ilgiausiųjų nuotolių bėgiko KS masės indeksas nebuvo mažesnis už 125 g/m^2 (ilgiausiųjų nuotolių bėgikų treniravosi daugiau valandų per savaitę nei kitų dviejų grupių bėgikai (1 lentelė)).

Bradikardija ramybės būsenos metu ir fiziologinė miokardo hipertrofija laikomos dažniausiais klinikiniais „atleto širdies“ požymiais (19, 20). Abu jie (didesnis už 125 g/m^2 KS masės indeksas ir retesnis nei 60 k/min. pulsas) nustatyti 38 mūsų tirtiems bėgikams (60 proc.).

Lietuvos vidutinių nuotolių bėgikų echokardiografiniai rodmenys yra panašūs į Nyderlandų ilgųjų nuotolių bėgikų (13), tačiau mūsų tirtų ilgųjų ir ilgiausiųjų nuotolių bėgikų KS masė ir KS masės indeksas buvo didesni nei minėtų autorių tirtųjų dėl storesnių miokardo sienų (t. y. ryškesnės koncentrinės hipertrofijos, nes diastolinis KS skersmuo buvo panašus). Žinoma, kad KS sienos storį lemia ir genetiniai veiksniai (21), nors manoma, jog jie neturi įtakos KS

dilatacijos dėl fizinių krūvių laipsniui (4).

Trijų mūsų tirtų bėgikų (5 proc.) KS skersmuo diastolės metu buvo didesnis nei 60 mm (t. y. intervale, kuriame yra sergančiųjų idiopatine dilatacine kardiomiopatija KS skersmuo), dažnis atitinka kitų autorių pateikiamą (20, 22). Viena svarbiausių priežasčių, leidžiančių teigti, jog minėtos ligos nebuvo, yra ta, kad visų šių sportininkų IF buvo didesnė kaip 60 proc.

Nustatyta, kad didesnis kaip 13 mm sportininkų širdies KS užpakalinės sienos storis būna retai (20, 22, 23). Tik dviejų iš mūsų tirtų sportininkų (3 proc.) užpakalinės KS sienos storis diastolės metu buvo didesnis nei 13 mm (intervale, kuriame yra sergančiųjų hipertrofine kardiomiopatija užpakalinės KS sienos storis; atvejų dažnis atitinka pateikiamą kitų autorių (22)). Nors santykinis šių sportininkų širdies KS sienos storis buvo padidėjęs (0,49 ir 0,52), KS skersmuo diastolės metu buvo 54 ir 55,5 mm, atitinkamai, santykis tarp pertvaros storio ir KS užpakalinės sienos diastolės metu – 0,94 ir 1,00, atitinkamai, o diastolinė funkcija – abiejų normali ($E/A > 1,4$), todėl hipertrofinės kardiomiopatijos tikimybę atmetėme, nes žinoma, jog, sergant šia liga, paprastai vyksta išimtinai koncentrinė miokardo hipertrofija (remodeliavimasis) bei blogėja diastolinė KS funkcija (18). Aukšto meistriškumo ištvermę lavinančių sportininkų KS užpakalinės sienos storis rečiau gali būti net 16 mm (23), tačiau to nenustatėme nė vienam iš tirtų bėgikų.

Žinoma, kad po reguliarios ištvermę lavinančios treniruotės (sportinės karjeros) nutraukimo KS siena per keletą mėnesių suplonėja iki normalios, todėl teigiama, kad tokia sportininkams būdinga miokardo hipertrofija yra fiziologinis fenomenas (24). Dar vienas patvirtinimas, kad mes, tirdami bėgikus, echokardiografiškai nustatėme fiziologinį fenomeną, buvo ir tai, jog visų sportininkų pertvaros storių ir KS užpakalinės sienos tarpkilvelinės diastolės metu santykis nebuvo artimas 1,3 (svyravo nuo 0,84 iki 1,12, bendros grupės vidurkis – 0,99).

Seniai pastebėta, kad ištvermę lavinančių sportininkų santykinis KS storis (dar vadinamas hipertrofijos indeksu) dažnai esti didesnis už sveikų nesportuojančių žmonių (4, 23, 25). Santykinis KS storis konstatuojamas padidėjęs, jei yra didesnis už 0,42 (koncentrinis remodeliavimasis), o sumažėjęs, jei mažesnis už 0,30 (ekscetrinis persimodeliavimas) (26). Pagal šią klasifikaciją trijų (5 proc.) iš tirtų bėgikų santykinis KS storis buvo sumažėjęs, o 12 (19 proc.) – padidėjęs. Penki bėgikai (8 proc.), tarp kurių nebuvo nė vieno vidutinių nuotolių bėgiko, santykinis KS sienos storis viršijo 0,45. Patologiją atmetėme visų pirma todėl, kad KS diastolinė funkcija (vertinta pagal

E/A) visų penkių sportininkų buvo normali ($E/A > 1,4$), nors žinoma, jog, sergant hipertrofinė kardiomiopatija, E/A santykis dažnai būna mažesnis už 1 (18). Antra, visi šie tiriamieji buvo aukšto meistriškumo sportininkai, o žinoma, kad tokiais ligomis kaip hipertrofinė kardiomiopatija sergančių asmenų darbingumas retai būna didelis (20, 27). Trečia, tik vieno sportininko miokardo hipertrofijos indeksas buvo didesnis už 0,5 (0,52), tačiau tai nėra hipertrofinė kardiomiopatija sergančių ligonių būdingas dydis ($> 0,55$). Ketvirta, šis sportininkas, kuriam nustatytas didžiausias miokardo hipertrofijos indeksas, buvo nuolatinis nacionalinės rinktinės narys, Lietuvos rekordininkas bei olimpietis, o tokie santykinio sienos storio dydžiai pavieniais atvejais aukšto meistriškumo išvermę lavinanties sportininkams nustatyti ir kitų mokslininkų (24, 28). Apibendrinant mūsų bei kitų tyrėjų gautus duomenis, galima teigti, jog išvermę lavinančių bėgikų miokardo remodeliavimasis nėra grynai ekscentrinio pobūdžio: jo siena dažnai sustorėja labiau nei galima būtų tikėtis tokio dinaminio sporto (bėgimo) atstovo.

Vokiečių mokslininkai A. Urhausen ir W. Kindermann (18) teigia, jog izometriškai susitraukiantys raumenys dinaminių pratimų (irklavimo, važiavimo dviračiu) metu lemia didesnę periferijos pasipriešinimą kraujo išstūmimui iš KS, todėl didesnę miokardo perkrovą spaudimu (angl. *pressure overload*) ir sąlygoja ryškesnę ir labiau koncentrinę hipertrofiją nei dėl tokių pratimų, kurių metu izometrinio raumenų susitraukimo nėra (pvz., bėgimas, plaukimas). Tai yra viena iš priežasčių, kodėl bėgikų miokardo hipertrofija nėra tokia ryški kaip, pvz., plento dviratininkų. Vis dėlto ne tik fizinio krūvio metu dirbančių raumenų susitraukimo režimas, tačiau ir kiti krūvio komponentai (pvz., aukšto meistriškumo išvermę lavinančių sportininkų pratybose atvirkščiai proporcingi trukmė ir intensyvumas), matyt, yra svarbūs veiksniai, kurie daro įtaką miokardo anatominiams pokyčiams. Mūsų tyrimo duomenys parodė, kad ilgųjų ir ilgiausių nuotolių bėgikų miokardo sienos yra storesnės už vidutinių nuotolių bėgikų, o taip tikriausiai yra dėl treniruotės specifiškumo (atliekamų skirtingų fizinių krūvių). Tačiau šio tyrimo duomenų nepakanka atsakyti į klausimą, ar negalėjo mūsų tirti bėgikai pasirinkti norimą bėgimo nuotolį dėl genetinio polinkio, kuris taip pat gali lemti miokardo hipertrofijos dydį jam adaptuojantis prie nuolatinio fizinio krūvio (21, 24), todėl galbūt ir pranašumą bėgant ilguosius ir ilgiausius nuotolius (24).

Mokslininkai sutaria, kad dėl išvermę lavinančios treniruotės, didėjant širdies KS masei, turėtų didėti ir

atleto sportinis meistriškumas (18, 29), antraip galima įtarti širdies remodeliavimąsi ne dėl fizinio krūvio, bet dėl, pvz., arterinės hipertenzijos. Mūsų tirtų vidutinio ir didelio meistriškumo sportininkų (vidutinių, ilgųjų ir ilgiausių nuotolių bėgikų) echokardiografijos rodmenys ne tik leidžia pagrįsti šią nuomonę, tačiau ir teigti, kad ilgalaikės miokardo adaptacijos laipsnis priklauso ir nuo aerobinę išvermę lavinančios treniruotės intensyvumo bei pobūdžio.

Manome, kad mūsų tirtų ilgųjų ir ilgiausių nuotolių bėgikų pradinis kraujo maksimalus greitis per mitralinį vožtuvą (E) buvo reikšmingai mažesnis už vidutinių nuotolių bėgikų labiau dėl mažesnio ŠSD (skirtumas nebuvo statistiškai reikšmingas, tačiau vidutiniškai 3–4 k/min. mažesnis ilgųjų ir ilgiausių nuotolių bėgikų ŠSD tam galėjo turėti įtakos), nors žinoma, kad ir amžius gali turėti įtakos diastolinei KS funkcijai (30): tik ilgiausių, tačiau ne ilgųjų nuotolių bėgikai buvo vyresni už vidutinių nuotolių bėgikus (1 lentelė). Nustatyta, kad plento dviratininkų E (vidutiniškai apie 0,84 m/s) buvo didesnis už sveikų nesportuojančių žmonių (apie 0,71 m/s) (13). Dabar mokslinėje literatūroje pateikiama vis daugiau duomenų, įrodančių, kad išvermę lavinančių sportininkų pratybose atliekami fiziniai krūviai diastolinę KS funkciją, vertinamą pagal E/A, gerina (4, 23, 24). Remiantis tirtų bėgikų E/A duomenimis, galime patvirtinti nuomonę, jog diastolinė KS funkcija dėl reguliaraus intensyvaus išvermės lavinamojo fizinio krūvio nepablogėja.

Bėgikų IF ramybės būsenos metu (vidutiniškai apie 65 proc.) buvo normali (30). Tik vieno sportininko (aukšto meistriškumo ilgųjų nuotolių bėgiko) IF buvo šiek tiek mažesnė nei 50 proc., tačiau sporto kardiologai to nekonstatuoja kaip patologijos, nes žinoma, jog atletams jau submaksimalaus fizinio krūvio metu IF sunormalėja (18). Didžiausia IF ramybės būsenos metu (78 proc.) buvo vieno iš aukšto meistriškumo vidutinių nuotolių bėgikų. Be to, kardiologai sportininko IF ramybės būsenos metu nelaiko širdies darbingumą rodančiu parametru (7). Nustatyta, kad išvermę lavinančių sportininkų, kaip ir sveikų nesportuojančių žmonių, IF ramybės būsenos metu vidutiškai apie 60 proc. (1, 24). Taigi tirtų bėgikų ji buvo šiek tiek didesnė (vidutinių, ilgųjų ir ilgiausių nuotolių – vidutiniškai apie 68, 63 ir 66 proc., atitinkamai).

Teigiama, kad dar trūksta informacijos apie sportininkų dešinėsios širdies dalies remodeliavimąsi ir funkcijos pokyčius (20). Mūsų atlikto tyrimo duomenys patvirtino negausių išvermę lavinančių sportininkų širdies dešiniojo skilvelio tyrimų duomenis: dėl sporto pratybų metu miokardui susidarantios

perkrovos tūriu tiek erdmės skersmuo, tiek sienos storis yra šiek tiek didesni už sveikų nesportuojančių žmonių (1, 31).

Apibendrinus šio tyrimo duomenis, galima patvirtinti hipotezę, jog fiziologinės miokardo hipertrofijos dydis priklauso nuo dinaminio fizinio krūvio trukmės varžybų metu (ji, be abejo, lemia pratybų trukmę, intensyvumą ir galbūt pobūdį) bei sportinio meistriškumo. Tai bent iš dalies patvirtina kitų autorių tyrimų duomenis (4, 24, 32).

Išvados

Daugumos vidutinių, ilgųjų ir ilgiausių nuotolių

bėgikų fiziologinė KS hipertrofija esti nedidelio laipsnio dėl erdmės dilatacijos bei proporcingo sienų sustorėjimo. Dėl nuolatinio aerobinę ištvermę lavinančio fizinio krūvio panašiai adaptuojasi ir dešinysis širdies skilvelis.

Širdies morfologiniai pokyčiai dėl nuolatinio ištvermės lavinamojo fizinio krūvio sistolinei ir diastolinei KS funkcijai ramybės būsenos metu įtakos neturi.

Ilgųjų ir ilgiausių nuotolių bėgikų KS masė yra didesnė už vidutinių nuotolių bėgikų daugiausia dėl storesnių miokardo sienų. Maratono bėgikų dešiniojo skilvelio skersmuo ir sienos storis yra didesni už 1–10 km bėgikų.

Structure and function of distance runners' heart

Tomas Venckūnas, Rasa Raugalienė¹, Edita Jankauskienė²

Lithuanian Academy of Physical Education, ¹Institute of Cardiology, Kaunas University of Medicine,

²Kaunas University of Medicine, Lithuania

Key words: echocardiography, distance running, myocardial hypertrophy.

Summary. Objective. To compare ultra-long distance runners' heart morphologic and functional parameters at rest with those of long distance runners' and middle distance runners'.

Materials and methods. Standard Doppler, M-mode and 2-D-mode echocardiography was performed at rest to 22 middle, 31 long and 11 ultra-long adult male distance runners.

Results. Long and ultra-long distance runners' left ventricular mass and left ventricular mass index were larger ($p < 0.05$) than that of middle distance runners' (groups' means – approximately 288, 305 and 250 g as well as 153, 160 and 130 g/m², respectively) due to both larger ($p < 0.05$) end-diastolic interventricular wall thickness (10.6, 11.1 and 9.8 mm, respectively) and left ventricular posterior wall thickness (10.7, 11.5 and 10.0 mm, respectively). Ultra-long distance runners' left ventricular mass and mass index did not differ significantly from long distance runners' ($p > 0.05$), but end-diastolic posterior wall thickness was higher ($p < 0.05$). Relative left ventricular wall thickness was larger in ultra-long distance runners as compared with middle distance runners (0.402 and 0.362, respectively; $p < 0.05$). Ultra-long distance runners' right ventricular end-diastolic diameter was significantly larger ($p < 0.05$) than that of middle and long distance runners (groups' means – 25.8, 20.7 and 21.4 mm, respectively). Right ventricular end-diastolic free wall was thicker in ultra-long distance runners as compared with middle distance runners (groups' means – 6.7 and 5.9 mm, respectively; $p < 0.05$). Diastolic left ventricular function (evaluated as E/A) as well as end-diastolic left ventricular diameter (groups' mean – 55.5–56.4 mm) did not differ between groups ($p > 0.05$).

Conclusions. The hypertrophy of ultra-long (as well as long) distance runners' myocardium of both ventricles is more pronounced than that of middle distance runners'.

Correspondence to T. Venckūnas, Department of Applied Physiology and Health Education, Lithuanian Academy of Physical Education, Sporto 6, 44221 Kaunas, Lithuania. E-mail: t.venckunas@lkka.lt

Literatūra

1. Scharhag J, Schneider G, Urhausen A, Rochette V, Kramann B, Kindermann W. Athlete's heart: right and left ventricular mass and function in male endurance athletes and untrained individuals determined by magnetic resonance imaging. *J Amer Coll Cardiol* 2002;40(10):1856-63.
2. Laughlin MH, McAllister RM. Exercise training-induced vascular adaptations. *J Appl Physiol* 1992;73(6):2209-25.
3. Serratos L, Morate F, Fernández R, de Diego T, Boraita A. Training specific cardiac adaptations: high vs moderate and low dynamic disciplines. *Eur Coll Sport Science* 2001;6:417.
4. Fagard RH. Impact of different sports and training on cardiac structure and function. *Cardiol Clin* 1997;15(3):397-412.
5. Huonker M, Halle M, Keul J. Structural and functional adaptations of the cardiovascular system by training. *Int J Sports Med* 1996;17(S3):164-2.

6. Whyte G, Sharma S, George K, McKenna WJ. Alterations in cardiac morphology and function in elite multi-disciplinary athletes. *Int J Sports Med* 1999;20(4):222-6.
7. Pluim BM, Zwinderman AH, van der Laarse A, van der Wall EE. The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation* 2000;101(3):336-44.
8. Sido Z, Jako P, Kneffel Z, Kispeter Z, Pavlik G. Cardiac hypertrophy and diastolic function in physically well trained and in obese man. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003;27(11):1347-52.
9. Whyte G, Lumley S, George K, Gates P, Sharma S, Prasad K, et al. Physiological profile and predictors of cycling performance in ultra-endurance triathletes. *J Sports Med Phys Fitness* 2000;40(2):103-9.
10. Turpeinen AK, Kuikka JT, Vanninen E, Vainio P, Vanninen R, Litmanen H, et al. Athletic heart: a metabolic, anatomical and functional study. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(1):33-40.
11. Iglesias Cubero G, Batalla A, Rodriguez Roguero JJ, Barriales R, Gonzalez V, de la Iglesia JL, et al. Left ventricular mass index and sports: the influence of different sports activities and arterial blood pressure. *Int J Cardiol* 2000;75(2-3):261-5.
12. Snoeckx LHEH, Abeling HFM, Lambregts JAC, Schmitz JJF, Verstappen FTJ, Renemann RS. Echocardiographic dimensions in athletes in relation to their training programs. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:428-34.
13. Hoogsteen J, Hoogeveen A, Schaffers H, Wijn PF, van der Wall EE. Myocardial adaptation in different endurance sports: an echocardiographic study. *Int J Cardiovasc Imaging* 2004; 20:19-26.
14. Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A. Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 1978;58(6):1072-83.
15. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986;57:450-8.
16. Nagashima J, Musha H, Takada H, Murayama M. New upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in Japanese participants in the 100-km ultramarathon. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42(9):1617-23.
17. Aunola S, Marniemi J, Alanen E, Mantyla M, Saraste M, Rusko H. Muscle metabolic profile and oxygen transport capacity as determinants of aerobic and anaerobic thresholds. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1988;57(6):726-34.
18. Urhausen A, Kindermann W. Sports-specific adaptations and differentiation of the athlete's heart. *Sports Med* 1999;28(4): 237-44.
19. Oakley, D. The athlete's heart. *Heart* 2001;86:722-6.
20. Sharma, S. Athlete's heart – effect of age, sex, ethnicity and sporting discipline. *Exp Physiol* 2003;88(5):665-9.
21. Palatini P, Krause L, Amerena J, Nesbitt S, Majahalme S, Tikhonoff V, et al. Genetic contribution of the variance in left ventricular mass: the Tecumseh Offspring Study. *J Hypertens* 2001;19(7):1217-22.
22. Whyte GP, George K, Sharma S, Firoozi S, Stephens N, Senior R, et al. The upper limit of physiological cardiac hypertrophy in elite male and female athletes: the British experience. *Eur J Appl Physiol* 2004;31:50-60.
23. Fagard RH. Athlete's heart. *Heart* 2003;89:1455-61.
24. Pelliccia A, Maron BJ, De Luca R, Di Paolo FM, Spataro A, Culasso F. Remodeling of left ventricular hypertrophy in elite athletes after long-term deconditioning. *Circulation* 2002;105: 944-9.
25. Karjalainen J, Mantysaari M, Viitasalo M, Kujala U. Left ventricular mass, geometry, and filling in endurance athletes: association with exercise blood pressure. *J Appl Physiol* 1997;82(2):531-7.
26. Krumholz HM, Larson M, Levy D. Prognosis of left ventricular geometric patterns in the Framingham Heart Study. *J Amer Coll Cardiol* 1995;25:879-84.
27. Firoozi S, Sharma S, McKenna WJ. The role of exercise testing in evaluation of the patient with hypertrophic cardiomyopathy. *Curr Cardiol Rep* 2001;3(2):152-9.
28. Palazzuoli A, Puccetti L, Pastorelli M, Pasqui AL, Auteri A, Bruni F. Transmitral and pulmonary venous flow study in elite male runners and young adults. *Int J Cardiol* 2002;84:47-51.
29. Karpman VL, Khruschev SV, Borisova YuA. Serdce i rabotosposobnost' sportsmena. (Heart and athlete's working capacity). Moskva: Fizkultura i sport; 1978.
30. Lazaravičius A, Jurkevičius R. Sistolinė ir diastolinė disfunkcija: hemodinamikos aspektai. (Systolic and diastolic dysfunction: facets of hemodynamics.) In: Vasiliauskas D, Lazaravičius A, editors. Antrinė išeminės širdies ligos profilaktika. (Secondary prevention of ischaemic heart disease.) Kaunas: KMU Kardiologijos institutas; 1999. p. 83-106.
31. Henriksen E, Landelius J, Wesslen L, Arnell H, Nystrom-Rosander C, Kangro T, et al. Echocardiographic right and left ventricular measurements in male elite endurance athletes. *Eur Heart J* 1996;17(7):1121-8.
32. Shapiro LM. The morphologic consequences of systemic training. *Cardiol Clin* 1997;15(3):373-9.

*Straipsnis gautas 2004 08 16, priimtas 2005 05 13
Received 16 August 2004, accepted 13 May 2005*