



INCIDENCIJA MIOKARDIJALNOG PREMOŠTENJA KOD SPORTSKI I TJELESNO AKTIVNIH ISPITANIKA S KARDIOLOŠKIM SIMPTOMIMA I ZNAKOVIMA

INCIDENCE OF MYOCARDIAL BRIDGING IN SPORTS AND PHYSICALLY ACTIVE SUBJECTS WITH CARDIAC SYMPTOMS AND SIGNS

Dražen Lovrić^{1,2,*}, Milan Milošević^{3,5}, Ladislav Pavić^{6,*}, Mladen Jukić^{6,*}, Dalibor Frančeski^{1,2},
Niko Lovrić^{3*}, Zdravko Babić^{2,3,4}

¹Akromion, Specijalna bolnica za ortopediju, Zagreb, Hrvatska

²Sveučilište u Zagrebu Kineziološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

³Sveučilište u Zagrebu Medicinski fakultet, Zagreb, Hrvatska

⁴Zavod za intenzivnu kardiološku skrb, KBC Sestare milosrdnice, Zagreb, Hrvatska

⁵Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar", Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet, Zagreb, Hrvatska

⁶Zavod za kardiovaskularnu medicinu, KB Dubrava, Zagreb, Croatia,

*Specijalna bolnica Agram, Zagreb, Croatia, (bivša Poliklinika Sunce), ustanova u kojoj je ovo istraživanje provedeno od 2010. do 2015. tijekom mog redovitog zaposlenja u Poliklinici Sunce Zagreb od 2005. do 2017.

^{3*}student, Sveučilište u Zagrebu Medicinski fakultet, Zagreb, Hrvatska

Cite as: Lovrić D, Milošević M, Pavić L, Jukić M, Frančeski D, Lovrić N. et al. Croat Sport Med J. 2025; 40(1):32-42.

Corresponding author: Niko Lovrić, niko.lovric@gmail.com

DOI: 10.69589/hsv.40.1.3

SAŽETAK

Miokardijalno premoštenje (MB) (od engl. *Myocardial Bridging*) je urođena anatomska anomalija, najčešće benigna no u nekim slučajevima može dovesti do akutnog koronarnog sindroma, po život opasne aritmije i iznenadne smrti kod tjelesno aktivnih osoba. Cilj je ovog ispitivanja utvrditi incidenciju MB u uzorku sportski i tjelesno aktivnih ispitanika 20 do 50 g. starosti kod kojih je incidencija koronarne arterijske bolesti (engl. *Coronary Artery Disease* (CAD)) srca još vrlo niska. Ispitanici su na koronarnu kompjuteriziranu tomografsku angiografiju (CCTA) (engl. *Cardiac Computed Tomography Angiography*) upućeni zbog sumnje na CAD.

U petogodišnjem, monocentričnom, retrogradnom ispitivanju, u ukupnom broju ispitanika, analizirana je incidencija MB kod sportski i tjelesno aktivnih osoba te povezanost s kliničkom slikom i karakteristikama MB. Svi pacijenti su podvrgnuti detaljnom kliničkom pregledu, ergometriji i CCTA. Od ukupno 629 ispitanika u analizu je uključeno 446 ispitanika.

U ukupnom uzorku 446 ispitanika pozitivnu dijagnozu MB ima $n = 304/446$ (68,2%; 95% CI 63,7% - 72,4%). U uzorku 163 sportski i tjelesno aktivnih ispitanika prevalencija pozitivnog MSCT MB nalaza je $n = 108$ (66,2%). Sudionici s MB bili su značajno mlađi (43 prema 45 godina) s nižim indeksom tjelesne mase (26,9 prema 27,65 kg/m²) u usporedbi s ispitanicima bez MB. MB

ABSTRACT

Myocardial bridging (MB) is a congenital anatomical anomaly, most often benign but in some cases can lead to acute coronary syndrome, life-threatening arrhythmia, and sudden death in physically active individuals. The objective of this study is to determine the incidence of MB in a sample of athletes and physically active subjects aged 20 to 50 years in whom the incidence of coronary artery disease (CAD) is still very low. The subjects were referred for Cardiac Computed Tomography Angiography (CCTA) due to suspected CAD.

In a five-year, single-center, retrospective study, the incidence of MB in athletes and physically active subjects and the association with the clinical picture and characteristics of MB were analyzed in the total number of subjects. All patients underwent a detailed clinical examination, ergometry, and CCTA. Out of a total of 629 subjects, 446 subjects were included in the analysis.

In the total sample of 446 subjects, a positive diagnosis of MB was found in $n = 304/446$ (68.2%; 95% CI 63.7% - 72.4%). In the sample of 163 athletes and physically active subjects, the prevalence of a positive MSCT MB finding was $n = 108$ (66.2%). Subjects with MB were significantly younger (43 vs. 45 years old) with a lower body mass index (26.9 vs. 27.65 kg/m²) compared to those without MB. MB most often affects the left anterior descending artery (LAD) 96.1% ($P < 0.001$), specifically its middle segment (45.7%).

najčešće zahvaća LAD (engl. *Left Anterior Descending Artery*) 96,1% ($P < 0,001$) i to njen srednji segment (45,7%). Najčešći je plitki MB ($n=268/304$, 88,2%) s nalazom aterosklerotskog plaka proksimalno od MB (53,0%, $P < 0,001$). Između sudionika s i bez MB nema značajnih razlika u spolu, bavljenju sportom i teškim tjelesnim radom, vrsti treninga niti treningu tijekom bolesti ($P > 0,05$) kao niti tipičnih ili atipičnih kardioloških simptoma ($P > 0,05$). Podaci o unakrsnim tablicama između simptoma i tjelesne aktivnosti pokazuju u grupi tjelesno aktivnih ispitanika značajno rjeđe atipičnu stenokardiju (33,1% prema 50,9%, $P < 0,001$), ali češće sinkopu (8,0% prema 2,1%, $P < 0,001$) u odnosu na tjelesno neaktivne. Korelacija dubine MB i kardioloških simptoma nije pokazala značajne razlike u prisutnosti pojedinog simptoma ($P > 0,05$).

Ovo istraživanje je pokazalo da u ukupnoj populaciji ispitanika, kao i u specifičnoj populaciji sportaša i tjelesno aktivnih ispitanika, postoji visoka incidencija MB (68,2% prema 66,2%) pri čemu je najčešće zahvaćena LAD i to njen srednji segment s plitkim MB dok je atipična stenokardija češći simptom kod neaktivnih, a sinkopa kod aktivnih pacijenata.

Ključne riječi: *Miokardijalno premoštenje, koronarna kompjuterizirana tomografska angiografija, rekreativni i profesionalni sportaš*

The most common is shallow MB ($n=268/304$, 88.2%) with the finding of atherosclerotic plaque proximal to MB (53.0%, $P < 0.001$). There were no significant differences between subjects with and without MB in terms of gender, sports activity and heavy physical work, type of training or training during illness ($P > 0.05$), or typical or atypical cardiac symptoms ($P > 0.05$). Cross-tabulation data between symptoms and physical activity in the physically active group compared to the physically inactive group of subjects showed significantly less atypical angina pectoris (33.1% vs. 50.9%, $P < 0.001$), but more frequent syncope (8.0% vs. 2.1%, $P < 0.001$). The correlation between MB depth and cardiac symptoms did not show significant differences in the presence of any individual symptom ($P > 0.05$).

This study showed that in the total population of subjects, as well as in the specific population of athletes and physically active subjects, there is a high incidence of MB (68.2% vs. 66.2%), with the LAD most commonly affected, specifically its middle segment with shallow MD, while atypical stenocardia is a more common symptom in inactive patients, and syncope in active patients.

Keywords: *Myocardial bridging, Cardiac Computed Tomography Angiography, recreational and professional athletes*

UVOD

Redovita tjelesna aktivnost ima dobro dokumentiranu dobit u očuvanju zdravlja i poboljšanju ukupne kvalitete života no dokazano je da intenzivna tjelesna aktivnost može povećati rizik od iznenadne srčane smrti (ISS) kod predisponiranih sportaša.^{18,39,49,50,65} Otprilike samo jedna trećina sportaša prije ISS je imala neke od kardioloških simptoma i znakova, dok ostali sportaši s neotkrivenom srčanom bolešću ne moraju ispoljiti simptome koji bi nas upozorili na skrivenu srčanu bolest. ISS naravno nije rezervirana samo za sportaše s intenzivnim tjelesnim naporom tijekom treninga i natjecanja, već se događa i kod predisponiranih rekreativaca, a posebice kod pretežno tjelesno neaktivnih ili manje aktivnih osoba u fazama većeg tjelesnog napora ili stresa.^{39,65}

Patoanatomija

Srčane arterije su normalno položene duž površine srčanog mišića u epikardijalnom prostoru. Miokardijalno premoštenje (MB) (od engl. *Myocardial Bridging*) je urođena anatomska anomalija koja je prisutna kada segment glavne koronarne arterije „tunelira“, tj. prolazi intramuralno, kroz miokard (srčani mišić) na različitoj dubini pri čemu preko žile postoji „most“ (engl. *bridge*)

mišićnih vlakana koja u sistoli uzrokuju različiti stupanj kompresije arterije, a u diastoli se skraćuje vrijeme perfuzije srčanog mišića. Atipična polazišta koronarnih arterija i tunelirana (bridging) prednja koronarna arterija (LAD) (engl. *Left Anterior Descending Coronary Artery*) te presavinuće koronarne arterije pod oštrim kutom su najčešće od anomalija srčanih arterija.^{6,7,68}

Epidemiologija

Iako je MB u većini slučajeva klinički benigna anomalija još uvijek u stručnim i znanstvenim krugovima predstavlja izazov zbog široke lepeze simptoma kod simptomatskih pacijenata.

Prevalencija anomalija srčanih arterija u istraživanjima u općoj populaciji ovisna je o dijagnostičkoj metodi te varira od 0,78 do 1,3 % u istraživanjima baziranim na invazivnoj koronarografiji (engl. *Invasive Coronary Angiography* (ICA)) dok u istraživanjima baziranim na koronarnoj kompjuteriziranoj tomografskoj angiografiji (engl. *Cardiac Computed Tomography Angiography* (CCTA)) pokazuje veću incidenciju i kreće se od 0,99 do 5,8 %.² Navedena razlika u incidenciji između dijagnostičkih metoda se objašnjava karakteristikama dijagnostičke metode.²

Usprkos niskoj incidenciji anomalija srčanih arterija neovisno o dijagnostičkoj metodi sve anomalije srčanih

arterija treba shvatiti ozbiljno jer kod sportski i tjelesno aktivnih osoba koje su izložene većim i intenzivnijim naporima ISS zbog anomalije srčane arterije može biti prvi i jedini simptom takve urođene anomalije.

MB je privukao pažnju znanstvenih i stručnih krugova u medicini unazad 20-tak godina kada je napredovanjem CCTA dijagnostičke metode postalo moguće kvalitetno snimiti ciklus srčane funkcije s prikazom protoka kontrastom opacificirane krvi kroz srčane krvne žile te se, među ostalim, primijetilo da je prevalencija MB u nalazima CCTA bliža prevalenciji na obdukcijama nego na ICA. Do tada je postojala velika diskrepancija u prevalenciji MB na nalazima ICA koja se u istraživanjima kretala između 0,5% i 12% u odnosu na prevalenciju u istraživanjima baziranim na obdukcijama gdje se prevalencija kretala između 5% i 86% zbog čega se MB smatralo benignom varijacijom. Invazivna koronarografija prikazuje samo lumen arterije ispunjene kontrastom označenom krvlju dok se o stanju stijenke te odnosu žile s okolnim strukturama zaključuje indirektno. Zbog toga ICA može pokazati samo veće i dublje segmente MB. S druge strane, CCTA prikazuje lumen srčane arterije i njen odnos i položaj prema okolnim strukturama i slojevima srčane stijenke i može pokazati preko 95 % svih segmenata srčanih arterija te se pokazala najboljom neinvazivnom metodom za dijagnosticiranje kongenitalnih anomalija srčanih arterija.^{34,52,67} Prema istraživanjima baziranim na CCTA prevalencija MB u većini radova se kreće između 15% i 50%⁷³ te je slična onima na obdukcijama.^{36,51} Glavni razlozi razlika u prevalenciji MB procijenjenih CCTA metodom može ležati prvenstveno u samom dizajnu istraživanja, npr. u tome da li su uključene i površne MB ili samo duboke.

Patofiziologija

MB se dugo smatralo benignom varijacijom tijekom koronarnih arterija upravo zbog kompresivnog efekta na srčanu arteriju u sistoličkom dijelu ciklusa koji je odgovoran za cca 15% protoka i perfuzije miokarda dok približno 85 % protoka kroz srčane arterije, koji se odvija tijekom diastole, nije ugrožen stenozom žile pod MB segmentom. Međutim, istraživanja su pokazala kompleksnu multifaktorijalnost patofizioloških promjena u MB segmentu gdje dubina i duljina MB segmenta ima važnu ulogu u dinamičnim međudodnosima koji kod nekih pojedinaca mogu dovesti do anginoznih simptoma, akutnog koronarnog sindroma (engl. *acute coronary syndrome*(ACS)) i aritmija³¹ te u konačnici do ISS kod sportski i tjelesno aktivnih osoba. Klinički značajni MB segmenti se smatraju dubine ≥ 2 mm < 5 mm (srednje duboki) te osobito ≥ 5 mm (duboki MB) dok se plitki MB definira kada je arterije pod miokardom u dubini do 2mm. Klinički značajnom se smatra MB duljine ≥ 25 mm ali dodatno i zahvaćeni ogranci glavnih srčanih arterija.⁶⁶ Tako je sistolička kompresija arterija praćena i odgodom diastoličke relaksacije te samim time i odgodom brze početne perfuzije i hiperemije miokarda za čak do

26 % diastoličke faze srčanog ciklusa^{9,10} što radi podlogu ishemiji miokarda osobito tijekom povišenog simpatičkog tonusa kod ubrzanog rada srca (tahikardija) i povećanih zahtijeva za oksigenacijom kao tijekom vježbanja ili teškog fizičkog rada.⁵³ Kompresija dublje stijenke arterije tijekom sistole može dovesti i do dinamičkog stresa i negativne rekonfiguracije koronarne arterije s posljedično turbulencijom protoka i oštećenjem endotela uz povećanu agregaciju trombocita s razvojem aterosklerotskog plaka koji je najčešće primijećen proksimalno od MB segmenta.^{15,19} Drugi važan mehanizam nastajanja ishemije izazvanog MB je tzv. fenomen krađe (engl. „*branch steal*“) koji se objašnjava dvama modelima; gubitkom viskoznog tlaka duž MB segmenta u sklopu klasičnih fizikalnih zakona dinamike tekućina te povećanjem brzine protoka krvi kroz stenozirani MB segment što posljedično smanjuje perfuzijski tlak na ušću zahvaćenih ogranaka.²⁸

Klinička slika

U dostupnoj literaturi još ne postoji jasan konsenzus o važnosti MB jer je velika većina osoba s MB najčešće asimptomatska ili se MB pronađe slučajno u sklopu dijagnostičke obrade zbog pojave simptoma u većim naporima ili stresnim situacijama ili zbog nađenih promjena na EKG ili ergometriji tijekom sistematskih pregleda. Najčešći simptomi koji mogu pobuditi sumnju na skrivenu bolest srca su nelagoda i/ili bol u prsima za vrijeme napora, lupanje i/ili preskakanje srca (palpitacije), nerazjašnjeni gubitak svijesti (sinkopa), nedostatak zraka (dispneja) ili pretjerani umor koji nije u skladu s naporom, šum na srcu i povišeni krvni tlak. Jedna istraživanja su pokazala da MB može biti povezan s anginom pectoris i ishemijom, ACS, po život opasnom aritmijom, vježbanjem (naporom) induciranim atrioventrikularnim blokom grane sve do iznenadne srčane smrti.^{20,54,69,72} Druga istraživanja su pokazala ohrabrujuće rezultate te tijekom višegodišnjeg praćenja pacijenata s izoliranim MB nisu utvrdila srčani infarkt niti iznenadnu srčanu smrt⁴⁴ ili su pokazala da nema razlike u višegodišnjem preživljenju pacijenata s i bez nalaza izoliranog MB.^{8,37}

Kako klinički nije moguće razlikovati simptome MB od simptoma CAD, a oba entiteta zbog ishemije mogu rezultirati po život opasnim komplikacijama kao što su maligne aritmije i ACS, uključujući i ISS u fazama visokointenzivnih tjelesnih ili sportskih aktivnosti MB ne možemo shvatiti klinički nevažnim. To su pokazala i istraživanja i prikazi slučajeva koji nisu mogli isključiti nalaz izoliranog MB kao uzroka ISS ili su na obdukciji dokazali prisutnost izoliranog MB kao jedinog patološkog nalaza kod ISS.^{1,17,18,22,54,60}

Mali je broj studija koje su istraživale prognostičku implikaciju izoliranog tuneliranja koronarne arterije.^{14,22,37,44,54}

U ovom istraživanju smo retrogradno, u petogodišnjem razdoblju, u ukupnom uzorku ispitanika koji su zbog

anginoznih i drugih kardioloških simptoma i znakova te sumnje na CAD bili upućeni na CCTA, u uzorku sportski i tjelesno aktivnih ispitanika od 20 do 50 g. starosti, željeli utvrditi incidenciju MB, distribuciju MB prema najčešće zahvaćenoj srčanoj arteriji i/ili segmentu arterije te korelaciju s anginoznim i drugim kardiološkim simptomima i znakovima u populaciji sportski i tjelesno aktivnih ispitanika u odnosu na ukupnu ispitivanu populaciju. Kako je incidencija CAD u sportski i tjelesno aktivnoj populaciji mlađoj od 50 godina života još vrlo niska, obzirom na naša iskustva i rijetke objavljene podatke postavili smo hipotezu da upravo MB predstavlja jedan od najčešćih uzroka kardioloških simptoma i znakova u toj dobnoj i populacijskoj skupini.

ISPITANICI I METODA

Probir ispitanika

Istraživanje je dizajnirano kao retrogradno, monocentrično ispitivanje u period od 01. siječnja 2010. godine do 31. prosinca 2015. godine. Uključeni su sve žene i muškarci, u trenutku dolaska, u dobi od 20. do 50. godina života koji su zbog anginoznih i drugih kardioloških simptoma i znakova i sumnje na CAD bili upućeni na CCTA. Ciljna skupina istraživanja su bili sportski (rekreativci i sportaši) aktivne osobe i osobe uključene u teški tjelesni rad koje su zbog sumnje na CAD upućene na CCTA no nije im potvrđena signifikantna CAD već im je nađen MB. Od ukupno 629 ispitanika u analizu je uključeno 446 ispitanika dok su isključeni ispitanici s ranijim intervencijskim postupcima (stent, PCI (engl. Percutaneous Coronary Intervention), CABG (engl. Coronary Artery Bypass Grafting), sa signifikantnom dijagnozom CAD, remodelinga, te s kombinacijom MB i signifikantne CAD. Bolesnici nisu imali dodatnog rizika vezanog uz samo istraživanje odnosno CCTA jer im je ista indicirana od strane nadležnog kardiologa zbog sumnje na koronarnu bolest srca. Svi bolesnici su potpisali informirani pristanak za CCTA. Istraživanje je odobreno od strane etičkog povjerenstva Poliklinike Sunce Zagreb.

Uključujući klinički simptomi i znakovi

Prije upućivanja na CCTA nadležni kardiolog je uzeo anamnezu prema strukturiranom upitniku za kategorizaciju bolova u prsištu te ispitao modalitet kardioloških simptoma i znakova i postavio indicaciju za CCTA zbog sumnje CAD.

Uključujući simptomi su bili bol u prsima (tipična, atipična), palpitacije, dispneja, nerazjašnjene vrtoglavice i/ili sinkope u naporu te šum nad prekordijem i povišeni arterijski tlak. Kao uključujuće elektrokardiografske znakove ishemijske su uzeti negativni T val u više od dva odvoda te horizontalna ST depresija spojnice za ≥ 1 mm ili pojava ST elevacije. Bol u prsima je kategorizirana kao tipična ili atipična temeljem slijedeće tri karakteristike; 1.

Široka prekordijalna bol ili stezanje u prsima, 2. Bol koju provocira napor ili emocionalni stres i 3. Bol koja prolazi na mirovanje i/ili sublingvalno primijenjen nitroglicerina. Bol je, prema preporukama American College of Cardiology/ American Heart Association 2002 Guideline Update on Exercise Testing²⁷, klasificirana kao tipična ukoliko su zadovoljena sva tri kriterija, a kao atipična ukoliko su zadovoljena dva od tri kriterija te kao nekardijalna srčana bol u prsima ako je zadovoljen jedan ili niti jedan od kriterija. Pacijenti čiji su simptomi označeni kao nekardijalni nisu niti uključeni u studiju.

Za sve ispitanike su u bazi podataka prikupljeni relevantni podaci o dobi i spolu, visini i težini pacijenta, indeksu tjelesne težine (BMI), simptomima kod dolaska i povijest bolesti, te rezultati stres-testova kao i podaci o eventualnim lijekovima koje je svaki pacijent do tada uzimao.

CCTA protocol

Za koronarnu kompjuteriziranu tomografsku angiografiju (CCTA) analizu je korišten 64-slojni CT uređaj s dvije rendgenske cijevi (dual source) (Somatom Definition, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany).

CCTA protokol je implementiran prema preporukama autora^{33,47} i inkorporiran u standardne parametre skeniranja Poliklinike Sunce; detektor kolimacije 2 x 32 x 0,6 mm³, sloj kolimacije 2 x 64 x 0,6 mm³ sa srednjim z-flying focal spot-om uz vrijeme rotacije gantry-a od 330 ms i pitch od 0.2 – 0.5 ovisno o srčanoj frekvenciji. Za smanjenje doze zračenja korišten je EKG gated modulacija cijevi u bolesnika sa stabilnim sinusnim ritmom. Slike su rekonstruirane u sredini dijastole uz individualno optimiziranu poziciju rekonstrukcijskog prozora. Dodatne rekonstrukcije su rađene na kraju sistole ukoliko je to bilo potrebno. Sve postprocesing analize su rađene na aksijalnim slojevima te na MPR i MIP rekonstrukcijama uz debljinu 5 mm i povećanje za 1 mm. Da bi se postigao manji broj otkućaja srca i dostigla željena frekvencija <60/min koristili smo metoprolol intravenozno do 4 doze. Pacijenti sa sistoličkim krvnim tlakom >100mmHg su dobili 0,8 mg nitroglicerina pod jezik za koronarnu vazodilataciju. Vrijeme potrebno za dolazak kontrastnog sredstva u srce je testirano inicijalnim skeniranjem vremena bolusa kontrasta volumena 20 ml i koncentracije jednog kontrastnog sredstva od 370 mg/ml (Iopamiro 370, Bracco S.p.a., Milan, Italy) nakon kojeg je slijedilo ispiranje s 50 ml fiziološke otopine. Konačno, kontrastni dijagnostički pregled je rađen uz upotrebu 80 do 140 ml kontrasta s brzinom aplikacije od 4 do 5 ml/s pojedinačno prilagođeno prema specifičnim tablicama iza čega je slijedilo ispiranje s 50 ml fiziološke otopine

Interpretaciju svih CCTA slika izvršila su dva radiologa s više od 5 godina iskustva u CCTA i drugim MSCT angiografskim dijagnostičkim postupcima. MB je definiran kao segment glavne epikardijalne koronarne arterije koja prolazi intramuralno kroz miokard, ispod mišićnog mosta.⁵

Dubina MB segmenta je definirana kao plitki MB kada je arterije pod miokardom u dubini do 2mm, kao srednje duboki MB (dubina ≥ 2 mm < 5mm) te kao duboki MB (dubina \geq od 5 mm).⁶⁶

STATISTIČKA ANALIZA

Podaci su prikazani tablično. Napravljena je analiza normalnosti raspodjele numeričkih podataka (Smirnov-Kolmogorovljevi test) te su se shodno dobivenim rezultatima primijenili odgovarajući neparametrijski statistički testovi. Kvantitativni podaci su prikazani kroz medijane i interkvartilne raspone. Kategorijski podaci su prikazani kroz apsolutne frekvencije i pripadajuće udjele te 95% interval pouzdanosti. Razlike u kvantitativnim vrijednostima su analizirane Mann-Whitney U testom kod razlika koje su se odnosile na usporedbu kontinuiranih vrijednosti. Razlike u kategorijskim varijablama su analizirane Fisher-Freeman-Haltonovim egzaktnim testom.

Sve P vrijednosti manje od 0,05 su smatrane značajnima. U analizi se koristila licencirana programska podrška IBM SPSS Statistics for Windows, verzija 30.0.

REZULTATI

Od ukupnog broja ispitanika (n=629) u analizu je uključeno 446 ispitanika. Isključeni su ispitanici koji su bili na ranijim intervencijskim postupcima (stent, PCI, CABG), nađena im je dijagnoza signifikantne CAD, remodelinga, ili kombinacije MB i signifikantne CAD.

Osnovna deskriptivna statistika ispitanika uključenih u istraživanje prema kriteriju nalaza MCST MB prikazana je u tablici 1. i 2.

Ispitanici kojima je dijagnosticiran MB, u usporedbi s ispitanicima bez dijagnosticiranog MB, su bili značajno mlađi (43 prema 45 godina starosti, $P=0,016$) i imali su niži indeks tjelesne mase (BMI) (26,9 kg/m² prema 27,65

kg/m², $P=0,031$). U ostalim parametrima (broj treninga, opseg struka) nije bilo signifikantne razlike.

Većina ispitanika je muškog spola (339 muškaraca (76 %); 107 žena (24 %)), a sportski i tjelesno aktivno je ukupno 163 ispitanika (36,5 %). Prevalencija pozitivnog MSCT MB nalaza u ukupnom uzorku od 446 ispitanika je n=304 (68,2 %) dok je u uzorku od 163 sportski i tjelesno aktivnih ispitanika prevalencija pozitivnog MSCT MB nalaza n=108 (66,2 %). Od ispitanika koji treniraju (n=132) njih 112 (84,8 %) prakticira aerobni trening. U slučaju bolesti ne trenira njih 194 (81,9 %).

Usporedbom ispitanika s i bez MSCT MB nisu uočene značajne razlike u spolu, bavljenju sportom i teškim tjelesnim radom, vrsti treninga niti treningu tijekom bolesti ($P > 0,05$). Premda nije bilo značajne razlike ($P > 0,05$) u simptomima obzirom na dijagnozu MB između ukupne populacije i populacije sportski i tjelesno aktivnih ispitanika, najčešći simptomi su bili atipična stenokardija te palpitacije.

U tablici 3. prikazana je analiza distribucije MSCT MB nalaza prema zahvaćenoj koronarnoj arteriji koja pokazuje da je najčešće zahvaćena prednja silazna koronarna arterija (engl. *left anterior descending artery* (LAD)) 96,1 % prema 3,9 %, $P < 0,001$. Samo 13,5 % ispitanika ima MSCT MB nalaz zahvaćene desne koronarne arterije (engl. *right coronary artery* (RCA)) i 2 % ispitanika MSCT MB nalaz zahvaćene lijeve cirkumfleksne koronarne arterije (eng. *left circumflex coronary artery* (LCx)). U odnosu na segment same srčane žile lokalizacija MSCT MB nalaza na LAD pokazuje najčešću zahvaćenost redom medijalnog (45,7 %), distalnog (20,1 %) i mediodistalnog (16,1 %) segmenta žile. Značajno najčešći nalaz aterosklerotskog plaka u sklopu CAD je zabilježen proksimalno od MB (53,0 % prema 0 %, $P < 0,001$). Nalaz interakcije između MSCT MB nalaza i nalaza drugih anomalija u ukupnoj skupini ispitanika pokazuje značajnu prevalenciju MB u odnosu na ostale nađene anomalije (94,7 % prema 5,3 %, $P < 0,001$).

Tablica 1. Razlike u kvantitativnim kliničkim varijablama između MSCT MB skupina (s i bez MB)

Table 1. Differences in quantitative clinical variables between MSCT MB groups (with and without MB)

MSCT MB	N	Min	Max	Centile			
				25.	Medijan	75.	
Starost na dolasku (godine)	Ne	142	21	50	41,00	45,00	48,00
	Da	304	20	50	38,00	43,00	47,00
BMI (kg/m ²)	Ne	122	19,9	43,6	25,20	27,65	30,63
	Da	278	19,0	43,9	24,30	26,90	29,60
Opseg struka (cm)	Ne	93	76	138	93,50	103,00	110,00
	Da	228	65	870	91,00	99,00	110,00
Broj treninga /tj.	Ne	108	0	6	0,00	1,00	2,00
	Da	228	0	7	0,00	0,00	2,00

Tablica 2. Osnovni opisni parametri ispitanika istraživanja, ovisno o MSCT MB
 Table 2. Basic descriptive statistics of the study participants, according to MSCT MB

Varijable		MSCT MB				P
		Ne		Da		
		N	%	N	%	
Spol	Muškarci	113	79,6 %	226	74,3 %	0,228
	Žene	29	20,4 %	78	25,7 %	
Sportska/tjelesna aktivnost	Ne	87	61,3 %	196	64,5 %	0,512
	Da	55	38,7 %	108	35,5 %	
Vrsta treninga	Bez treninga	62	60,2 %	129	58,6 %	0,960
	Aerobni	35	34,0 %	77	35,0 %	
	Trening otpora	6	5,8 %	14	6,4 %	
Trening uz simptome bolesti	Isti intenzitet	1	1,2 %	1	0,6 %	0,503
	Niži intenzitet	11	13,6 %	30	19,2 %	
	Bez treninga	69	85,2%	125	80,1 %	
Simptomi (svi ispitanici)	Ne	2	1,4 %	6	2,0 %	0,286
	Tipična stenokardija	17	12,0 %	30	9,9 %	
	Atipična stenokardija	56	39,4 %	142	46,7 %	
	Sinkopa	4	2,8 %	15	4,9 %	
	Palpitacije	29	20,4 %	66	21,7 %	
	Ostalo	15	10,6 %	20	6,6 %	
	Sistematski sportski ili opći pregled	19	13,4 %	25	8,2 %	
Simptomi (sportski/tjelesno aktivni)	Ne	1	1,8 %	2	1,9 %	0,122
	Tipična stenokardija	6	10,9 %	12	11,1 %	
	Atipična stenokardija	13	23,6 %	41	38,0 %	
	Sinkopa	2	3,6 %	11	10,2 %	
	Palpitacije	13	23,6 %	23	21,3 %	
	Ostalo	7	12,7 %	5	4,6 %	
	Sistematski sportski ili opći pregled	13	23,6 %	14	13,0 %	

 Tablica 3. Distribucija MSCT MB ovisno o zahvaćenju koronarnoj arteriji i segmenta žile zahvaćenog CAD obzirom na MB
 Table 3. MSCT MB distribution depending on the affected coronary artery and vessel segment affected by CAD concerning MB

		MSCT MB				P
		Ne		Da		
		N	%	N	%	
LAD	Ne	142	100,0 %	12	3,9 %	<0,001
	Da	0	0,0 %	292	96,1 %	
LCx	Ne	142	100,0 %	298	98,0 %	0,092
	Da	0	0,0 %	6	2,0 %	
RCA	Ne	142	100,0 %	263	86,5 %	<0,001
	Da	0	0,0 %	41	13,5 %	
CAD postoji	Proksimalno od MB	0	0,0 %	53	53,0 %	<0,001
	Unutar MB	0	0,0 %	1	1,0 %	
	Distalno od MB	0	0,0 %	4	4,0 %	
	Nije definirana	5	6,8 %	0	0,0 %	
	Različita žila	27	37,0 %	20	20,0 %	
	Više žila	41	56,2 %	22	22,0 %	

Tablica 4. Pojavnost kardioloških simptoma obzirom na sudjelovanje u sportu i dubini MB
 Table 4. The presence of cardiac symptoms according to sport participation and depth of MB

		Simptomi														P
		Nema		Tipične stenokardije		Atipične stenokardije		Sinkope		Palpitacije		Ostalo		Sistematski ili sportski pregled		
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
Sportaš/teški tjelesni rad	Ne	5	1,8%	29	10,2%	144	50,9%	6	2,1%	59	20,8%	23	8,1%	17	6,0%	<0,001
	Da	3	1,8%	18	11,0%	54	33,1%	13	8,0%	36	22,1%	12	7,4%	27	16,6%	
MSCT MB	Nema	2	1,4%	17	12,0%	56	39,4%	4	2,8%	29	20,4%	15	10,6%	19	13,4%	0,092
	Plitki	5	1,9%	27	10,1%	130	48,5%	13	4,9%	56	20,9%	16	6,0%	21	7,8%	
	Srednje duboki	0	0,0%	3	10,3%	12	41,4%	2	6,9%	8	27,6%	2	6,9%	2	6,9%	
	Duboki	1	16,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	16,7%	2	33,3%	2	33,3%	
	Nije definiran	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	

Podaci unakrsnih rezultata između skupina ispitanika, karakteristika (dubine) MB i kardioloških simptoma i znakova pokazani su u tablici 4.

Pozitivnu dijagnozu MB ima n=304/446 (68,2%; 95% CI 63,7% - 72,4%) ispitanika. U uzorku ispitanika s pozitivnim MSCT MB nalazom, najčešći je plitki MB (n=268/304, 88,2 %) dok je značajno manje ispitanika bilo sa srednje dubokim (n=29/304, 9,5 %) te dubokim MB (n=6, 1,9 %). Sportaši i ispitanici koji su sudjelovali u teškom tjelesnom radu su značajne rjeđe prezentirali simptome atipične stenokardije u usporedbi s tjelesno neaktivnim ispitanicima (33,1% vs. 50,9%, P<0,001), ali su značajno češće prezentirali simptom sinkope (8,0% vs. 2,1%, P<0,001). Prema međudnosu karakteristika (dubina) MB te kardioloških simptoma i znakova kod ispitanika s pozitivnim MSCT MB nalazom i ispitanika bez MSCT MB nalaza nisu uočene značajne razlike (P > 0,05).

RASPRAVA

Glavni cilj ovog ispitivanja je bio utvrditi incidenciju MSCT MB nalaza u uzorku sportski i tjelesno aktivnih ispitanika, 20 do 50 godina starosti, s kardiološkim simptomima i znakovima te međuovisnost s kliničkom slikom prema uzorku ispitanika i karakteristikama (dubinom) MB.

Rezultati ovog istraživanja su potvrdili relativno visoku prevalenciju MSCT MB nalaza kako u ukupnoj populaciji ispitanika (n=304, 68,2 %) tako i u populaciji sportski i tjelesno aktivnih ispitanika (n=108, 66,2 %) iako između te dvije skupine ispitanika nije bilo signifikantne razlike (P > 0,05) u prevalenciji MSCT MB nalaza. U literaturi postoji veliki broj istraživanja prevalencije miokardijalnog premoštenja (MB) u ukupnoj populaciji bolesnika s kardiološkim simptomima^{11,13,16,23,25,30,35,40,41,45,51,55,57,63,66} no samo se nekoliko istraživanja u posljednjih 10 - tak godina bavilo prevalencijom MB kod sportaša.^{4,8,21,24,29,59}

Velika heterogenost između istraživanja, kako zbog same primijenjene metode (obdukcija, ICA, CCTA), benignog shvaćanje postojanja anomalije miokardijalnog premoštenja te posljedično dizajna istraživanja⁷¹ su pogodovali velikim razlikama u prevalencije miokardijalnog premoštenja kod bolesnika koja se kretala od 0.004%⁶⁸ do čak 80%⁵⁸. Također, postoje istraživanja koja su pokazala da velika heterogenost prevalencije miokardijalnog premoštenja dolazi od analiziranog uzorka, odnosno populacije, korištene dijagnostičke metode i kvalitete samog uređaja za njezino otkrivanje, te uključenja i isključenja kriterija za tzv. 'površno' miokardijalno premoštenje.^{43,51,56} CCTA je samim svojim karakteristikama dijagnostičke metode te tehnološkim razvojem kroz godine dokazala svoju visoku razinu osjetljivosti, nasuprot ICA.^{62,63} Prevalencija miokardijalnog premoštenja kod sportaša se najčešće definirala u sportovima izdržljivosti, te se pokazala relativno visoka, između 0.5% i 80%.^{26,32,42,61} Obzirom na navedene rezultate novijih istraživanja naši rezultati potvrđuju visoku prevalenciju MB nalaza u ukupnom uzorku ispitanika i uzorku sportski i tjelesno aktivnih ispitanika te je takva distribucija MB u oba ispitivana uzorka očekivana obzirom da se radi o kongenitalnoj anomaliji. Rezultati prevalencije pozitivnog MSCT MB nalaza su i u skladu s dokazanom visokom senzitivnošću MSCT dijagnostičke metode koja se pokazala kao vjerojatno najbolja neinvazivna dijagnostička metoda za prikaz kongenitalnih koronarnih arterijskih anomalija.

Rezultati ovog istraživanja su pokazali da je u ukupno ispitivanoj populaciji (n=446) od koronarnih arterija najčešće zahvaćena LAD (n=292, 96,1 %, P < 0,001) i to njen srednji segment (n=139, 45,7 %), da je plitki MB daleko najčešći (n=268, 88,2 %) te da je raspon duljine MB od 0,8 cm do 7 cm dok je medijan duljine MB u cm iznosio 2,0 (1,9 - 3,5) cm te su dobiveni rezultati u skladu s dosadašnjim istraživanjima.^{6,10,46,48,66} Također, značajno najčešći nalaz aterosklerotskog plaka u sklopu CAD je zabilježen

proksimalno od MB (53,0 % prema 0 %, $P < 0,001$) što također nalazi potvrdu u dosadašnjim istraživanjima.^{3,12,43,70}

Kada se promatra međuodnos unakrsnih rezultata ispitanika s i bez pozitivnog MSCT MB nalaza prema kardiološkim simptomima i znakovima te međuodnos kardioloških simptoma i znakova prema dubini MB nalaza (plitki, srednji duboki i duboki) kod ispitanika s pozitivnim MSCT MB nalazom nisu uočene značajne razlike ($P > 0,05$) što se može objasniti malim uzorkom ispitanika sa srednje dubokim i dubokim MB za koji je u istraživanjima dokazano^{63,66,70} da može kompromitirati protok ne samo u sistoli nego i u diastoli te posljedično dovesti do ishemije. Međutim prisutnost kardioloških simptoma i znakova u dominantnom nalazu površnih MB ukazuje na multifaktorijalnost patofizioloških mehanizama uzrokovanih MB te potrebu za daljnjim istraživanjima. Diskrepancija između učestalih kardioloških simptoma i znakova prisutnih u dominantno površnom tipu MB može biti vezana i za činjenicu da u našem radu nismo pratili MSCT MB zahvaćenost bitnih ogranaka srčanih arterija (marginalne i dijagonalne grane).

Ranija istraživanja su pokazala da su površni MB najčešće asimptomatski⁷⁰ te da se od simptoma, u ukupnoj populaciji, MB najčešće povezuje s atipičnom stenokardijom.^{38,64} Rezultati u našem istraživanju potvrđuju navedene rezultate u literaturi s relativno visokom prevalencijom MSCT MB nalaza kako u ukupnoj ispitivanoj populaciji tako i u populaciji sportski i tjelesno aktivnih ispitanika s atipičnom stenokardijom no zanimljivo je da skupina tjelesno neaktivnih ispitanika pokazuje signifikantno učestalije simptome atipične stenokardije dok je kod sportski i tjelesno aktivnih ispitanika značajno učestalija sinkopa.

ZAKLJUČAK

Zaključno, ovo istraživanje je pokazalo da u ukupnoj populaciji ispitanika, kao i u specifičnoj populaciji sportaša i tjelesno aktivnih ispitanika, postoji visoka incidencija MB (68,2% prema 66,2%) pri čemu je najčešće zahvaćena prednja silazna koronarna arterija (LAD), najčešće je zahvaćen srednji segment LAD i to plitkim MB, dok je atipična stenokardija češći simptom kod neaktivnih, a sinkopa kod aktivnih pacijenata.

Literatura

1. Abdou M. Myocardial bridging causing ischemia and recurrent chest pain: A case report. *Int Arch Med.* 2011; 4: 24.
2. Agarwal PP, Dennie C, Pena E, Nguyen E, LaBounty T, Yang B, et al. Anomalous coronary arteries that need intervention: Review of pre- and postoperative imaging appearances. *Radiographics.* 2017;37(3):740-57.
3. Alegria JR, Herrmann J, Holmes DR Jr, Lerman A, Rihal CS. Myocardial bridging. *Eur Heart J.* 2005; 26(12): 1159-68.
4. Alexandre A, Vieira P, Dias-Frias A, Pereira A, Campinas A, Sá-Couto Dm et al. Myocardial bridging leading to cardiac collapse in a marathon runner. *J Cardiovasc Dev Dis.* 2022;9(7):200.
5. Angelini P, Trivellato M, Donis J, Leachman RD. Myocardial bridges: a review. *Prog Cardiovasc Dis.* 1983;26(1):75-88.
6. Angelini P, Velasco JA, Flamm S. Coronary anomalies: incidence, pathophysiology, and clinical relevance. *Circulation.* 2002;105(20):2449-54.
7. Aydar Y, Yazici HU, Birdane A, Nasifov M, Nadir A, Ulus T, et al. Gender differences in the types and frequency of coronary artery anomalies. *Tohoku J Exp Med.* 2011;225(4):239-47.
8. Borjesson M, Dellborg M, Niebauer J, LaGerche A, Schmied C, Solberg EE, et al. Recommendations for participation in leisure time or competitive sports in athletes-patients with coronary artery disease: a position statement from the Sports Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur Heart J.* 2019;40(1):13-8.
9. Bourassa MG, Bernard P, Brevers G, Petittclerc R, Dyrda I. Systolic and early diastolic inflow obstruction in patients with muscular bridging of the left anterior descending artery. *Coronary Artery Disease Today.* Princeton, NJ: Excerpta Medica. 1981;380:94
10. Bourassa MG, Butnaru A, Lespérance J, Tardif JC. Symptomatic myocardial bridges: overview of ischemic mechanisms and current diagnostic and treatment strategies. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41(3):351-9.
11. Brolin EB, Brismar TB, Collste O, Y-Hassan S, Henareh L, Tornvall P, et al. Prevalence of myocardial bridging in patients with myocardial infarction and nonobstructed coronary arteries. *Am J Cardiol.* 2015;116(12):1833-9.
12. Bruschke AV, Veltman CE, de Graaf MA, Vliegen HW. Myocardial bridging: what have we learned in the past and will new diagnostic modalities provide new insights? *Neth Heart J.* 2013;2:6–13.
13. Cay S, Oztürk S, Cihan G, Kisacik HL, Korkmaz S. Angiographic prevalence of myocardial bridging. *Anadolu Kardiyol Derg.* 2006;6(1):9-12.
14. Çiçek D, Kalay N, Müderrisoğlu H. Incidence, clinical characteristics, and 4-year follow-up of patients with isolated myocardial bridge: a retrospective, single-center, epidemiologic, coronary arteriographic follow-up study in southern Turkey. *Cardiovasc Revasc Med.* 2011;12:25–8.
15. Ciliberti G, Laborante R, Di Francesco M, Restivo A, Rizzo G, Galli M, et al. Comprehensive functional and anatomic assessment of myocardial bridging: Unlocking the Gordian knot. *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:970422.
16. Corban MT, Hung OY, Eshtehardi P, Rasoul-Arzrumly E, McDaniel M, Mekonnen G, et al. Myocardial bridging: contemporary understanding of pathophysiology with implications for diagnostic and therapeutic strategies. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63(22):2346-55.
17. Corrado D, Basso C, Pavei A, Michieli P, Schiavon M, Thiene G. Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA.* 2006;296:1593–601.
18. Corrado D, Schmied C, Basso C, Borjesson M, Schiavon M, Pelliccia A, et al. Risk of sports: do we need a preparticipation screening for competitive and leisure athletes? *Eur Heart J.* 2011;32:934-44.
19. Darabont RO, Vişoiu IS, Magda ŞL, Stoicescu C, Vintilă VD, Udroui C, et al. Implications of myocardial bridge on coronary atherosclerosis and survival. *Diagnostics.* 2022; 12(4): 948.
20. De Giorgio F, Grassi VM, Polacco M, Pascali VL, d'Aloja E, Arena V. Myocardial bridging and sudden cardiac death: is the actual classification exhaustive? *Int J Cardiol.* 2014;172(3):e383-4.
21. Dotka M, Małek ŁA. Myocardial infarction in young athletes. *Diagnostics.* 2023; 13(15):2473.
22. Eckart RE, Scoville L, Campbell CL, Shry EA, Stajduhar KC, Potter RN, et al. Sudden death in young adults: a 25-year review of autopsies in military recruits. *Ann Intern Med.* 2004;141:829–34.
23. Erbel R, Ge J, Möhlenkamp S. Myocardial bridging: a congenital variant as an anatomic risk factor for myocardial infarction? *Circulation.* 2009;120(5):357-9.
24. Erol N. Challenges in evaluation and management of children with myocardial bridging. *Cardiology.* 2021; 146 (3): 273–80.
25. Evbayekha EO, Nwogwugwu E, Olawoye A, Bolaji K, Adeosun AA, Ajibowo AO, et al. A comprehensive review of myocardial bridging: Exploring diagnostic and treatment modalities. *Cureus.* 2023;15(8):e43132.
26. Gerardin B, Collet JP, Mustafic H, Bellemain-Appaix A, Benamer H, Monsegu J, et al. Groupe de Réflexion sur la Cardiologie Interventionnelle. Registry on acute cardiovascular events during endurance running races: the prospective RACE Paris registry. *Eur Heart J.* 2016; 37(32):2531–41.

27. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *Circulation*. 2002;106(14):1883-92.
28. Gould KL, Johnson NP. Myocardial bridges: lessons in clinical coronary pathophysiology. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2015;8(6):705-9.
29. Gowd BM, Thompson PD. Isolated myocardial bridging and exercise-related cardiac events. *Int J Sports Med*. 2014; 35(14): 1145-50.
30. Ha ET, Qu YS, Takahashi T, Parikh MA, Kobayashi Y. Challenge in diagnosis and management of a patient with myocardial bridge and coronary artery spasm. *JACC Case Rep*. 2023;20:101950.
31. Happach VC, Delk GT, Ganti L. Myocardial bridging, the hidden risk factor for ischemia. *Mil Med*. 2022;187(9-10):e1230-2.
32. Hart L. Marathon-related cardiac arrest. *Clin J Sport Med*. 2013;23(5):409–10.
33. Hausleiter J, Meyer T, Hadamitzky M, Zankl M, Gerein P, Dörrler K, et al. Non-invasive coronary computed tomographic angiography for patients with suspected coronary artery disease: the Coronary Angiography by Computed Tomography with the Use of a Submillimeter resolution (CACTUS) trial. *Eur Heart J*. 2007;28(24): 3034-41.
34. Husmann L, Nkoulou R, Wolfrum M, Kaufmann PA. Myocardial bridging causing infarction and ischaemia. *Eur Heart J*. 2011;32(7):790.
35. Hostiuc S, Negoii I, Rusu MC, Hostiuc M. Myocardial bridging: A meta-analysis of prevalence. *J Forensic Sci*. 2018; 63(4):1176-85.
36. Ishikawa Y, Kawawa Y, Kohda E, Shimada K, Ishii T. Significance of the anatomical properties of a myocardial bridge in coronary heart disease. *Circ J*. 2011;75:1559–66.
37. Juillière Y, Berder V, Suty-Selton C, Buffet P, Danchin N, Cherrier F. Isolated myocardial bridges with angiographic milking of the left anterior descending artery: a long-term follow-up study. *Am Heart J*. 1995;129:663–5.
38. Jukić M, Pavić L, Bitunjac I, Jukić T, Milošević M, Lovrić D, et al. Myocardial bridging as one of the causes of atypical chest pain in young women. *Egypt Heart J*. 2017; 69(4): 235-9.
39. Jukić T, Babić Z, Mišigoj-Duraković M. Health risks in elite athletes – cardiology and internist aspects. *Croat Sport Med J*. 2019;34(1):14-22.
40. Karna SK, Chourasiya M, Parikh RP, Chaudhari T, Patel U. Prevalence of myocardial bridge in angiographic population-A study from rural part of western India. *J Family Med Prim Care*. 2020; 9(4):1963-66.
41. Kepez A, Paudel A, Yesildağ O, Mutlu B. Prevalence of myocardial bridge and possible associated variables with coexisting coronary atherosclerosis and acute coronary syndrome. *Haydarpasa Numune Med J*. 2020;60(3): 308-13.
42. Kim JH, Malhotra R, Chiampas G, d'Hemecourt P, Troyanos C, Cianca J, et al. Cardiac arrest during long-distance running races. *N Engl J Med*. 2012;366(2): 130-40.
43. Konen E, Goitein O, Sternik L, Eshet Y, Shemesh J, Di Segni E. The prevalence and anatomical patterns of intramuscular coronary arteries. A coronary computed tomography angiographic study. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49:587–93.
44. Kramer JR, Kitazume H, Proudfit WL, Sones FM Jr. Clinical significance of isolated coronary bridges: benign and frequent condition involving the left anterior descending artery. *Am Heart J*. 1982;103:283–8.
45. La Grutta L, Runza G, Lo Re G, Galia M, Alaimo V, Grassettonio E, et al. Prevalence of myocardial bridging and correlation with coronary atherosclerosis studied with 64-slice CT coronary angiography. *Radiol Med*. 2009;114:1024.
46. Lee MS, Chen CH. Myocardial Bridging: An up-to-date review. *J Invasive Cardiol*. 2015;27(11):521-8.
47. Leschka S, Scheffel H, Desbiolles L, Plass A, Gaemperli O, Valenta I, et al. Image quality and reconstruction intervals of dual-source CT coronary angiography: recommendations for ECG-pulsing windowing. *Invest Radiol*. 2007;42(8):543-9.
48. Loukas M, Curry B, Bowers M, Louis RG Jr, Bartczak A, Kiedrowski M, et al. The relationship of myocardial bridges to coronary artery dominance in the adult human heart. *J Anat*. 2006;209(1):43-50.
49. Maron BJ. Sudden death in young athletes. *N Engl J Med*. 2003;349:1064-75.
50. Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, Tierney DM, Mueller FO. Sudden deaths in young competitive athletes: analysis of 1866 deaths in the United States, 1980–2006. *Circulation*. 2009;119:1085-92.
51. Möhlenkamp S, Hort W, Ge J, Erbel R. Update on myocardial bridging. *Circulation*. 2002;106:2616–22.
52. Montaudon M, Latrabe V, Iriart X, Caix P, Laurent F. Congenital coronary arteries anomalies: review of the literature and multidetector computed tomography (MDCT)-appearance. *Surg Radiol Anat*. 2007; 29:343–55.
53. Moore P, Murdock P, Ramanathan A, Sathyamoorthy M. A contemporary review of the genomic associations of coronary artery myocardial bridging. *Genes*. 2023;14(12):2175.
54. Morales A, Romanelli R, Tate LG, Boucek RJ, de Marchena E. Intramural left anterior descending coronary artery: significance of the depth of the muscular tunnel. *Hun Pathol*. 1993;24:693–701.

55. Murtaza G, Mukherjee D, Gharacholou SM, Nanjundappa A, Lavie CJ, Khan AA, et al. An updated review on myocardial bridging. *Cardiovasc Revasc Med.* 2020;21(9):1169-79.
56. Nakanishi R, Rajani R, Ishikawa Y, Ishii T, Berman DS. Myocardial bridging on coronary CTA: An innocent bystander or a culprit in myocardial infarction? *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2012;6(1):3-13.
57. Podolec J, Wiewiórka Ł, Siudak Z, Malinowski K, Dudek D, Gackowski A, et al. Prevalence and clinical presentation of myocardial bridge on the basis of the National Polish Percutaneous Interventions Registry and the Classification of Rare Cardiovascular Diseases. *Kardiol Pol.* 2018; 77(4): 465-70.
58. Polacek P, Kralovec H. Relation of myocardial bridges and loops on the coronary arteries to coronary occlusions. *Am Heart J.* 1961;61:44-52.
59. Quaranta F, Guerra E, Sperandii F, De Santis F, Pigozzi F, Calò L, et al. Myocarditis in athlete and myocardial bridge: An innocent bystander? *World J Cardiol.* 2015;7(5): 293-8.
60. Ripa C, Melatini MC, Olivieri F, Antonicelli R. Myocardial bridging: A 'forgotten' cause of acute coronary syndrome - a case report. *Int J Angiol.* 2007;16(3):115-8.
61. Roberts WO, Roberts DM, Lunos S. Marathon related cardiac arrest risk differences in men and women. *Br J Sports Med.* 2013;47:168-71.
62. Roberts W, Charles SM, Ang C, Holda MK, Walocha J, Lachman N, et al. Myocardial bridges: A meta-analysis. *Clin Anat.* 2021;34(5):685-709.
63. Santucci A, Jacoangeli F, Cavallini S, d'Ammando M, de Angelis F, Cavallini C. The myocardial bridge: incidence, diagnosis, and prognosis of a pathology of uncertain clinical significance. *Eur Heart J Suppl.* 2022; 24(I): 61-7.
64. Sorajja P, Ommen SR, Nishimura RA, Gersh BJ, Tajik AJ, Holmes DR. Myocardial bridging in adult patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2003;42(5):889-4.
65. Sorić M, Mišigoj-Duraković M, Duraković Z. Kardiovaskularni rizici vezani uz vježbanje. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2012;63(Supplement 3):95-101.
66. Sternheim D, Power DA, Samtani R, Kini A, Fuster V, Sharma S. Myocardial bridging: Diagnosis, functional assessment, and management: JACC State-of-the-Art review. *J Am Coll Cardiol.* 2021; 78(22): 2196-212.
67. Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson JM, Mark D, Min J, O'Gara P, et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/NASCI/SCAI/SCMR 2010 appropriate use criteria for cardiac computed tomography. *J Am Coll Cardiol.* 2010;56(22):1864-94.
68. Tuncer C, Batyraliev T, Yilmaz R, Gokce M, Eryonucu B, Koroglu S. Origin and distribution anomalies of the left anterior descending artery in 70,850 adult patients: multicenter data collection. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2006; 68(4):574-85.
69. Utuk O, Bilge A, Bayturan O, Tikiz H, Tavli T, Tezcan U. Thrombosis of a coronary artery related to the myocardial bridge. *Heart Lung Circ.* 2010;19:481.
70. Uusitalo V, Saraste A, Pietilä M, Kajander S, Bax JJ, Knuuti J. The functional effects of intramural course of coronary arteries and its relation to coronary atherosclerosis. *JACC: Cardiovascular Imaging.* 2015;8(6):697-704.
71. Xiang DC, Gong ZH, He JX, Ruan YJ, Xie ZH. Characteristics of stress tests and symptoms in patients with myocardial bridge and coronary artery spasm. *Coron Artery Dis.* 2009;20(1):27-31.
72. Yukio I, Yoko K, Ehiichi K, Toshiharu I. Coronary events caused by myocardial bridge. *Ann Vasc Dis.* 2009;2(2): 79-94.
73. Wirianta J, Mouden M, Ottervanger JP, Timmer JR, Juwana YB, de Boer MJ, et al. Prevalence and predictors of bridging of coronary arteries in a large Indonesian population, as detected by 64-slice computed tomography scan. *Neth Heart J.* 2012;20:396-401.