

**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
DIN CRAIOVA
ȘCOALA DOCTORALĂ**

TEZĂ DE DOCTORAT

**EVALUAREA PARAMETRILOR
CARDIOVASCULARI LA SPORTIVI DE
PERFORMANȚĂ
-REZUMAT-**

Conducător de doctorat:
Prof. Univ. Dr. IANCĂU MARIA

Student-doctorand:
CORÎCI (ICĂ) OANA MARIA

**CRAIOVA
-2018-**

Cuprins

Cuprins.....	2
INTRODUCERE.....	3
STADIUL CUNOAȘTERII.....	3
1. Introducere.....	3
2. Adaptarea morfofuncțională miocardică la sportivi.....	4
3. Remodelarea electrofiziologică a „cordului sportiv”. Explorarea electrofiziologică la sportivi.....	4
4. Remodelarea structurală a cordului sportiv. Principii imagistice de evaluare a performanțelor „cordului sportiv”.....	4
CONTRIBUȚII PERSONALE	
5. Scopul și obiectivele specifice studiului.....	5
6. Loturi și metode.....	6
6.1.Loturi.....	6
6.2. Aparatură utilizată și protocol de lucru.....	6
6.3. Analiza statistică a datelor rezultate din cercetări.....	7
7. Rezultate și discuții.....	7
7.1. Rezultate și discuții în urma analizei studiului A.....	7
7.2. Rezultate și discuții în urma analizei studiului B.....	8
8. Concluzii.....	12
9. Bibliografie.....	14

INTRODUCERE

Antrenamentul fizic intens induce modificări cardiovasculare de scurtă durată, tranzitorii, însă repetarea susținută a exercițiului fizic poate produce modificări structurale și electrofiziologice persistente. La sportivii de performanță, drept urmare a efortului fizic de lungă durată, pot să apară modificări adaptative la limita fiziologicului, care impun o evaluare minuțioasă pentru excluderea eventualelor afecțiuni cardiovasculare cu un risc potențial fatal și, totodată, instituirea măsurilor adecvate de protecție. ⁽¹⁾

Un paradox al sportului de performanță este reprezentat de faptul că, pe lângă efectele benefice atribuite activității sportive, exercițiile viguroase pot deveni triggeri pentru evenimentele cardiovasculare, cel mai de temut fiind moartea subită cardiacă (MSC).

Riscul de producere neașteptată a morții la sportivii de performanță este între 0,1-38/100.000 persoane/an ⁽²⁾, fiind comparabil cu cel din populația generală, însă 20% din MSC apar în timpul unei competiții sportive.

Cea mai recentă clasificare a disciplinelor sportive ⁽³⁾ a reprezentat răspunsul la întrebarea dacă un sportiv este eligibil pentru un anumit sport de performanță, luând în considerare intervenția majoritară a componentelor statice sau dinamice din timpul competiției.

Cunoașterea riscurilor, atribuite sportului de performanță, care pot să survină, cu precădere cel al morții subite cardiace, este necesară și obligatorie, în vederea stabilirii diagnosticului corect și mai ales a aplicării măsurilor de prevenție.

Standardizarea tehnicilor evaluatorii convenționale, cât și implementarea metodelor moderne de investigare cardiovasculară la sportivii de performanță sunt de un real folos pentru descoperirea unor eventuale riscuri prezente la aceștia. Metodele ecocardiografice inovative, precum „**speckle tracking**”, deși ajută la stabilirea unui diagnostic precoce și complet înaintea apariției simptomatologiei clinice, sunt precar folosite în țara noastră.

Acestea fiind menționate, cercetarea noastră își propune realizarea unui screening complet, electrocardiografic și ecocardiografic, *prin tehnici convenționale și moderne*, la sportivi de performanță, în vederea evidențierii modificărilor cardiace adaptative structurale și electrofiziologice, secundare practicării unui efort fizic susținut și repetat, dar mai ales încadrarea acestora în funcție de tipul de efort fizic prestat.

Cuvinte cheie: sportivi de performanță, tipuri de efort fizic, electrocardiogramă, ecocardiografia convențională și prin „**speckle tracking**”.

STADIUL CUNOAȘTERII

1. Introducere

„Cordul sportiv” circumscrie expresia modificărilor anatomice, clinice și funcționale care apar ca urmare a expunerii organismului la efortul fizic sistematic și repetat, de un anumit volum, calitate și intensitate. Remodelarea cardiacă depinde de o serie de factori precum: sex, vârsta, etnie, tipul și nivelul de antrenament. ^{(1),(4,5)}

Medicina sportivă clasifică eforturile fizice în :

- *predominant dinamice (izotonice);*
- *predominant statice (izometrice);*
- *mixte.* ⁽³⁾

2. Adaptarea morfofuncțională miocardică la sportivi

Adaptarea cordului la efort reprezintă expresia evoluției normale și este condiționată de diferențele individuale ale răspunsului la efort. ^{(1),(4)}

Efortul fizic **dinamic** (ex. atletism, tenis, fotbal), denumit și **efort de anduranță**, produce *suprasarcină de volum*, pe când cel **static** (ex. ridicare greutăți, aruncări, alpinism), produce *suprasarcină presională*. ^{(1),(4),(6)}

Adaptarea morfologică miocardică la sportivi constă în *hipertrofia miocardică* și *dilatarea cavităților cordului*. ⁽⁷⁾

Adaptare funcțională miocardică, în cazul sportului de performanță, are la bază câțiva factori deosebit de importanți: *creșterea debitului cardiac*, prin creșterea volumului bătaie și a frecvenței cardiace; *obținerea unui volum bătaie optim* printr-o scurtare miocardică minimă, dacă contracția pornește de la un volum mai mare; *creșterea diametrului telediastolic al ventriculului stâng (DTDVS)*, care determină scăderea atât a tensiunii dezvoltate în perete, cât și a energiei care se pierde prin fricțiune. ^{(1),(8)}

3. Remodelarea electrofiziologică a cordului sportiv. Explorarea electrocardiografică la sportivi

Exercițiul fizic regulat, susținut și intensiv (≥ 6 ore/săptămână) este asociat cu o serie de modificări electrocardiografice, care reflectă tonusul vagal crescut și mărirea cavităților cardiace. Toate aceste modificări sunt considerate ca fiind adaptative la sportul de performanță și nu necesită investigații suplimentare. ⁽⁹⁾

Modificările electrocardiografice considerate „fiziologice” includ: bradicardia sinusală, blocurile atrio-ventriculare grad I și grad II (tip Wenckebach), complexe QRS hipervoltate, blocul de ramură dreaptă incomplet și patternuri de repolarizare precoce. O mică parte dintre sportivi pot prezenta modificări apărute frecvent în afecțiuni cardiovasculare, care pot fi asociate cu moartea subită cardiacă, derivând de aici necesitatea de a diferenția net patternurile benigne de cele patologice. ⁽¹⁰⁾

Astfel, efectuarea screeningului la sportivi comportă o importanță deosebită în vederea stabilirii diagnosticului de boală cardiovasculară și implicit pentru reducerea cazurilor de moarte subită cardiacă la sportivii de performanță. ⁽⁹⁾ Majoritatea programelor de screening includ efectuarea electrocardiogramei în 12 derivații (ECG). Problema importantă derivă din faptul că medicul nu trebuie să excludă o patologie cu potențial letal, dar totodată să nu realizeze un „supradiagnostic” al modificărilor care apar la sportivi, provocând astfel efectuarea de investigații inutile sau restricționarea activității sportive. ^{(9),(10)}

Prin urmare, este esențial ca interpretarea ECG să fie una corectă, în corelație cu vârsta sportivului, etnia și nivelul de exercițiu. Traseul ECG poate să furnizeze informații valoroase atunci când este interpretat corect. Rezultate fals pozitive pot avea repercursiuni serioase, prin efectuarea de investigații suplimentare inutile și prin interzicerea practicării sportului. ⁽¹⁰⁾

4. Remodelarea structurală a cordului sportiv. Principii imagistice de evaluare a performanțelor „cordului sportiv”

Mecanismul modificărilor morfologice (hipertrofia miocardică și dilatarea cavităților inimii) constă în suprasarcină hemodinamică, volumetrică și presională, iar până într-un anumit stadiu este similar cu cel din bolile cardiace. În cazul efortului fizic susținut, stresul hemodinamic este intermitent, în timp ce în cazul bolilor cardiace este constant. ^{(1),(11)}

Cordul sportiv poate fi evaluat neinvaziv prin intermediul electrocardiogramei, ecocardiografiei și rezonanței magnetice nucleare cardiace. S-a demonstrat faptul că modificările electrofiziologice sunt, în mare parte, urmarea modificărilor structurale, de unde rezidă importanța introducerii explorării ecocardiografice ca investigație de rutină în prevenția primară.

Astfel, rolul ecocardiografiei transtoracice ca investigație primară în screeningul preantrenament este un subiect foarte dezbătut, iar rolul acestei investigații în prevenția „secundară” este fără echivoc, în cazul sportivilor cu modificări electrocardiografice sau la cei cu istorie familială de moarte subită cardiacă. În trecut, „zona gri”, între fenomenele adaptative fiziologice la sportivii de performanță și patologia cardiacă, cunoaștea un interval foarte mare, iar sensibilitatea și specificitatea ecocardiografiei era redusă. ⁽⁸⁾

În prezent, introducerea tehnicilor ecocardiografice de ultimă generație a îmbunătățit considerabil diagnosticul corect al acestor modificări, realizându-se astfel o mai bună înțelegere a ceea ce înseamnă „cordul sportiv” și a managementului adecvat în sportul de performanță. ⁽¹²⁾

Beneficiul evaluării prin metode imagistice moderne, precum tehnica „**speckle tracking**” este acela de a îmbunătăți acuratețea diagnosticului, limitele acestora provenind din slaba disponibilitate a tehnicilor adecvate de evaluare, lipsa standardizării rezultatelor obținute pentru a crește precizia transmiterii rezultatelor între diversele departamente implicate în evaluarea sportivilor, cât și pentru a stabili valori de referință comune diverselor metode.

CONTRIBUȚII PERSONALE

5.Scopul și obiectivele specifice studiului

Motivația care a condus la realizarea acestui proiect a fost dorința de a studia adaptarea structurală și electrică a cordului la antrenamentul fizic de performanță, evidențiind totodată particularitățile fiecărui tip de efort fizic și repercursiunea selectivă a acestora la nivelul „cordului sportiv” realizând, prin metode ecocardiografice convenționale și **metode inovative** precum „**speckle tracking**”, o evaluare completă a acestui organ.

Pentru îndeplinirea scopului principal al studiului nostru, am formulat următoarele obiective specifice:

- Obținerea valorilor de referință pentru parametrii clinici, electrocardiografici și ecocardiografici convenționali și „**speckle tracking**”, prin evaluarea unui lot control;
- Analiza comparativă a parametrilor clinici și **electrocardiografici** la un lot de subiecți clasificați apoi în trei subploturi, în funcție de tipul antrenamentului: dinamic, static, mixt, raportați la lotul de control corespunzător.
- „Prevalența” modificărilor adaptative electrofiziologice în funcție de tipul antrenamentului, raportată la lotul de control.
- Analiza comparativă a parametrilor clinici și **ecocardiografici** la un al doilea lot de subiecți încadrați în subploturi, în funcție de tipul antrenamentului.
- Compararea și studierea corelației dintre rezultatele obținute prin ecocardiografia convențională și metoda „**speckle tracking**”.

6. Loturi și metode

6.1. Loturi

Fiecare obiectiv descris anterior a fost îndeplinit prin realizarea unor studii complexe, cu un design multidisciplinar (medicină sportivă și cardiologie), atât descriptiv cât și comparativ, după cum urmează:

Studiul A s-a efectuat asupra următoarelor grupuri de studiu:

- Lotul CON₁ (de control) întrunind un număr de 93 subiecți sănătoși, înscriși la discipline sportive de mai puțin de 6 luni, cu vârste cuprinse între 12 și 20 ani;
- Lotul SPO₁ (sportivi) a inclus 117 sportivi de performanță, cu vârste cuprinse între 11 și 45 ani, care au fost împărțiți în 3 subloturi, în funcție de predominanța tipului de efort:
 - *Efort dinamic (SPO-D₁)*
 - *Efort static (SPO-S₁)*
 - *Efort mixt (SPO-M₁)*.

Studiul B s-a efectuat asupra următoarelor grupuri de studiu:

- Lotul CON₂ (de control) incluzând 101 subiecți sănătoși, sedentari, cu vârste cuprinse între 10 și 39 ani;
- Lotul SPO₂ (sportivi) a inclus 94 de sportivi, cu vârste cuprinse între 9 și 50 ani, care au fost împărțiți în 3 subloturi, în funcție de predominanța tipului de efort:
 - *Efort dinamic (SPO-D₂)*
 - *Efort static (SPO-S₂)*
 - *Efort mixt (SPO-M₂)*.

Studiul A a fost atribuit unui studiu de tip *retrospectiv*, realizat cu subiecți sănătoși, care practicau sporturi de mai puțin de 6 luni și sportivi de performanță, analizați clinic și electrocardiografic în cadrul Departamentului de Medicină Sportivă, Policlinica Sportivă, Craiova.

Studiul B a fost atribuit unui studiu de tip *prospectiv*, realizat cu subiecți sănătoși, sedentari și sportivi de performanță, analizați clinic și ecocardiografic în cadrul Departamentului de Cercetare al Clinicii de Cardiologie, Spitalul Clinic Județean de Urgență, Craiova.

Am realizat aceste studii respectând principiile etice și deontologice ale Declarației Drepturilor Omului de la Helsinki. Fiecare subiect încadrat în studii a fost pe deplin informat despre scopul cercetării și asupra modalității de desfășurare a acesteia, exprimându-și acordul în vederea participării voluntare.

6.2. Aparatură utilizată și protocol de lucru

Pentru realizarea **studiului A** am cercetat foile de observație ale sportivilor și subiecților din lotul control din cadrul Departamentului de Medicină Sportivă al Policlinicii Sportive, Craiova. Am identificat subiecții și i-am selectat pe aceia care au îndeplinit criteriile de includere.

Conform protocolului intern al cabinetului, fiecare subiect este verificat la un interval de 6 luni în vederea obținerii avizului medical. Examinarea presupune anamneza, examen obiectiv complet și realizarea unei electrocardiograme în 12 derivații, cu ajutorul aparatului General Electric MAC5500, GE Medical Systems-Vingmed, Horten, Norway.

Parametri clinici și antropometrici au fost obținuți din documentele de evidență medicală, respectiv fișa medicală a fiecărui subiect.

Pentru realizarea **studiului B**, participanții la studiu au fost supuși următorului protocol de lucru:

1. Anamneză: sex, vârstă, antecedente heredo-colaterale, tipul de sport practicat, vechimea antrenamentului fizic (ultimele două fiind notate doar la lotul de sportivi);
2. Examen clinic cardiologic : inspecție, palpare, auscultație, măsurarea tensiunii arteriale.
3. Înregistrarea ecocardiografiei transtoracice cu ajutorul aparatului Vivid S6 (GE Medical Systems-Vingmed, Horten, Norway). Aparatul cu ultrasunete a fost echipat cu transductori corespunzători pentru ecocardiografia transtoracică bidimensională și anume sonda utilizată a fost M5S (GE Healthcare, Horten, Norway), cu o frecvență între 1,5 și 4,5 MHz. Pentru analiza „**speckle tracking**”, a fost necesară utilizarea unui software dedicat (programul EchoPac, versiunea BT13, GE-Vingmed, Horten, Norway), realizând evaluarea mai multor puncte miocardice de interes. Evaluarea a început de la analiza directă a imaginii bidimensionale, utilizând o rată a cadrelor de 40-80 cadre/secundă.

6.3. Analiza statistică a datelor rezultate din cercetări

Datele obținute, referitoare la parametrii clinici și la cei imagistici mășurați, au fost introduse în calculator, în tabele de baze de date din modulul Microsoft Excel a pachetului de programe Microsoft Office XP Professional (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA), compatibile cu toate programele de analiză statistică pe care le-am utilizat pentru interpretarea informațiilor.

Prelucrarea secundară a datelor, calcularea parametrilor statistici fundamentali, media și deviația standard, compararea datelor au fost efectuate cu ajutorul programului SPSS, prin intermediul testului Student, testelor ANOVA, post-hoc Tukey și testului de corelație Phi.

Diagramele (graficele), care ilustrează tendințele de evoluție ale diferiților parametri evaluați, precum și comparațiile statistice dintre aceștia, au fost executate cu ajutorul instrumentului „Graph” din modulul „SPSS” al pachetului de programe Microsoft Office XP.

7. Rezultate și discuții

7.1. Rezultate și discuții în urma analizei studiului A

Studiul A a inclus lotul de control (CON₁) și lotul sportivilor de performanță (SPO₁). Lotul CON₁ a întrunit un număr de 93 subiecți, iar lotul SPO₁ a inclus 117 sportivi de performanță. Subiecții celor două loturi au fost atribuiți unui studiu *retrospectiv*, fiind analizați clinic și electrocardiografic în cadrul Departamentului de Medicină Sportivă, Policlinica Sportivă, Craiova.

Sportivii încadrați în lotul SPO₁, au fost împărțiți în 3 subgrupuri, în funcție de tipul de efort depus : predominant dinamic (SPO-D₁), predominant static (SPO-S₁) și mixt (SPO-M₁).

Studiul clinic a exprimat cele mai mari valori ale datelor antropometrice pentru practicanții sporturilor dinamice, rezultat influențat și de valoarea medie a vârstei mai mari la acest sublot.

În ceea ce privește tensiunea arterială sistolică (TAS, mmHg), testul Anova a arătat că nu există variații semnificative între grupuri ($p=0,083$), în schimb pentru tensiunea arterială diastolică (TAD, mmHg) s-au observat diferențe foarte înalte semnificative statistic ($p < 0,0001$).

La sportivii aparținând studiului A au fost înregistrate și analizate valorile tensionale în timpul efortului fizic. Cele mai crescute valori ale tensiunii arteriale sistolice au fost înregistrate la subiecții aparținând subplotului SPO-S₁ (185±11,4 mmHg). Analiza statistică a decelat diferențe foarte înalt semnificative statistic ($p < 0,0001$) pentru TAS, în schimb pentru TAD nu s-au înregistrat diferențe între grupuri ($p=0,833$), rezultate în concordanță cu cele din literatura de specialitate.⁽³⁾

Analiza frecvenței cardiace a exprimat diferențe înalt semnificative statistic între lotul CON₁ și SPO-S₁ ($p=0,001$).

Prelucrarea „prevalenței” aritmiei sinusale respiratorii a arătat că nu există variații semnificative în cadrul grupurilor de studiu ($p=0,48$), iar testul Phi a demonstrat că nu există variații semnificative ale duratei intervalului PR între tipurile de antrenament ($p=0,081$), indicând faptul că predominanța tonusului vagal nu depinde de tipul de efort exercitat.

Efectuând analiza „prevalenței” blocurilor de ramură am observat absența blocului de ramură stângă în cadrul grupurilor de studiu, modificare clasificată drept patologică în cele mai recente ghiduri.⁽¹³⁾

Blocul de ramură dreaptă (BRD) a fost notat în procente reduse (5%) în cadrul subploturilor de sportivi, care practicau sporturi dinamice și mixte și într-un procent de 1% la lotul de control. Cele mai recente recomandări referitoare la interpretarea electrocardiografei de repaus la sportivii de performanță⁽¹³⁾ încadrează prezența BRD în clasa „modificărilor borderline”, însă prezența solitară a acesteia nu obligă la efectuarea investigațiilor complementare.

Pe de altă parte, prezența blocului de ramură dreaptă incomplet (BRDi) a fost notată într-un procent de 50% în cadrul subplotului SPO-M₁, valoare urmată de cea înregistrată la cei din subplotul SPO-S₁ (20 %), cei aparținând subplotului SPO-D₁ prezentând BRDi într-un procent de 13%, astfel analiza statistică Phi a înregistrat diferențe foarte înalt semnificative statistic între grupuri în ceea ce privește prezența blocului de ramură dreaptă complet și incomplet ($p < 0,0001$).

Conform datelor din literatură, deși această condiție este comună la sportivi, dar și la populația generală tânără⁽¹⁴⁾, în studiul nostru am exprimat influența tipului de sport asupra apariției BRDi, observând faptul că jumătate din subplotul SPO-M₁ a prezentat acest aspect electrocardiografic.

Practicarea eforturilor predominant statice a influențat apariția supradenivelării punctului J și a segmentului ST în derivațiile precordiale V₂-V₄ ($p < 0,0001$).

Concluziile unui raport recent au constatat în indicarea investigațiilor complementare numai la sportivii caucazieni, la care se decelează inversarea undei T mai jos de derivația V₂ și care prezintă și alte semne sau simptome caracteristice unor cardiomiopatii, nefiind cazul la subiecții examinați în cercetarea prezentă.⁽¹³⁾

Hipertrofia ventriculară stângă, obiectivată prin indicele Sokolow-Lyon a prezentat cea mai înaltă prevalență la practicanții sporturilor statice (47%) ($p < 0,0001$), modificare interpretată drept secundară antrenamentului fizic susținut și repetat.

În prezent, ultimele recomandări (Sharma și colaboratorii, 2017) nu indică efectuarea investigațiilor complementare la sportivii de performanță, care prezintă criterii izolate de hipertrofie ventriculară stângă, aceste modificări fiind interpretate drept secundare antrenamentului fizic susținut și repetat.

7.2. Rezultate și discuții în urma analizei studiului B

Studiul B a fost de tip prospectiv și a inclus lotul de control (CON₂) cu 101 subiecți și lotul sportivilor de performanță (SPO₂) cu 94 de participanți, analizați clinic și

ecocardiografic în cadrul Departamentului de Cercetare al Clinicii de Cardiologie, Spitalul Clinic Județean de Urgență, Craiova.

Sportivii de performanță au fost împărțiți în 3 subgrupuri, în funcție de tipul de efort exercitat : predominant dinamic (SPO-D₂), predominant static (SPO-S₂) și mixt (SPO-M₂).

Practicanții sporturilor cu componentă statică crescută au prezentat cele mai mari valori ale datelor antropometrice, atunci când au fost comparate cu cele obținute pentru cei care practică sporturi de anduranță sau mixte. Valorile tensiunii arteriale sistolice, diastolice și medii au prezentat, de asemenea, cele mai ridicate valori la subiecții subplotului SPO-S₂, rezultate care coincid cu literatura de specialitate. ⁽¹⁵⁾

Parametrii ecocardiografici convenționali, precum *diametrul telediastolic al ventriculului stâng (DTDVS)* nu a prezentat variații semnificative între grupuri, în schimb *diametrul telesistolic al VS (DTSVS)* a fost semnificativ crescut la practicanții sporturilor statice ($p=0,048$, SPO-S₂ vs. CON₂) și mixte ($p=0,034$, SPO-M₂ vs. CON₂), în comparație cu cei din lotul CON₂, rezultat diferit față de literatura de specialitate, care atestă diametre telesistolice mai mari la sportivi de anduranță. ⁽¹⁶⁾

Grosimea relativă a peretelui (indexul hipertrofic, IH) a fost semnificativ crescută la cei din subplotul SPO-S₂ comparativ cu lotul CON₂ (0.42 vs 0.35, $p=0,004$) și cu subplotul SPO-D₂ (0.42 vs 0.36, $p=0,016$), iar *masa ventriculului stâng (masa VS)* a prezentat diferențe foarte înalte semnificative statistic între lotul CON₂ și toate cele trei subploturi de sportivi, dar nu între grupurile de sportivi.

În plus față de literatura de specialitate ⁽¹⁷⁾, în studiul prezent am introdus o a treia grupă de sportivi, practicanți ai sporturilor mixte și am observat faptul că aceștia exprimă valori ale *masei VS* intermediare între subiecții SPO-S₂ și SPO-D₂ (SPO-S₂ vs SPO-M₂ vs SPO-D₂: 90,4 g/m² vs 87,5 g/m² vs 78 g/m²).

Astfel, în cercetarea noastră, efectele diferențiate ale antrenamentului fizic s-au concretizat în apariția hipertrofiei excentrice și celei concentrice în procente egale, dar scăzute la sportivi de anduranță (5%), la practicanții sporturilor statice remodelarea cardiacă a constat predominant în îngroșarea pereților și nu în mărirea cavităților (15 % din subiecți au prezentat remodelare concentrică și 15% au prezentat hipertrofie concentrică), efecte intermediare fiind notate la cei aparținând subplotului SPO-M₂ (îngroșarea pereților și mărirea cavităților fiind observate în procente egale, 13 %), rezultate care sunt în concordanță cu cele găsite în studii recente. ⁽¹⁸⁾

Am demonstrat prezența *volumelor telediastolice și telesistolice, indexate la suprafața corporală (BSA)*, mai mari la subploturile de sportivi comparativ cu cei din lotul CON₂ (60,3 ml/m² vs 52 ml/m², respectiv 25,4 ml/m² vs 22 ml/m², $p< 0,0001$), practicanții sporturilor statice prezentând valori mai crescute față de cei din subploturile SPO-M₂ și SPO-D₂ (63ml/m² vs.61 ml/m² vs. 59,3 ml/m²), rezultate diferite față de cele observate de alți autori. ⁽¹⁹⁾

Explicația cea mai plauzibilă a rezultatelor noastre a fost existența unui număr mai mic de subiecți incluși în lotul sportivilor practicanți ai sporturilor statice, aceștia având și valori mai mari ale caracteristicilor antropometrice față de cele notate pentru celelalte două subploturi de sportivi, cunoscut fiind impactul raportării la suprafața corporală a modificărilor cardiace atribuite sportului de performanță. ⁽²⁰⁾

Fracția de ejeție (FE%) nu a cunoscut variații semnificative în funcție de prezența sau absența sportului și nici în funcție de tipul de sport efectuat, toate acestea fiind în concordanță cu rezultatele studiilor recente. ⁽²⁰⁾

În plus față de literatură, în cercetarea actuală, am constatat faptul că cele mai crescute valori ale *volumului sistolic* sunt atribuite grupului de subiecți care practică sporturi mixte (SPO-M₂ vs SPO-D₂ vs SPO-S₂: 40,2ml vs 38,4ml vs. 34,9 ml, $p<0,0001$).

Profilul diastolic al sportivilor, evaluat prin raportul velocităților (E/A) a fost diferit foarte înalt semnificativ statistic la sportivi față de lotul de control ($p < 0,0001$), în schimb *unda e' și raportul E/e'* nu au prezentat diferențe în funcție de prezența sau absența sportului, rezultate care sunt în concordanță cu cele din literatura de specialitate. ⁽²¹⁾

În prezentul studiu am insistat pe o descriere diferențiată a modificărilor adaptative la nivelul cavitațiilor drepte, observând faptul că *ariile ventriculului drept (VD) în telesistolă și în telediastolă, indexate la suprafața corporală*, au exprimat valori mai mari la lotul de sportivi, în comparație cu lotul de control ($10,9 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ vs $9,3 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, respectiv $6,3 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ vs $5,1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, $p < 0,0001$), cele mai crescute valori medii fiind calculate la subplotul SPO-D₂, urmate de cele înregistrate la subiecții care practicau sporturi mixte.

Studii recente ⁽²²⁾ au demonstrat faptul că valorile măsurătorilor la nivelul ventriculului drept au fost mai crescute la sportivii de duranță în comparație cu cei care efectuau sporturi care implică forță sau cu cei din lotul de control, rezultate în concordanță cu cele obținute în studiul nostru, cu deosebirea că noi am introdus și un al treilea grup, practicanți ai eforturilor mixte, demonstrând faptul că și la aceștia se produc modificări pregnante ale ariei telediastolice și telesistolice a ventriculului drept.

În prezenta cercetare am considerat oportună evaluarea funcției sistolice a ventriculului drept prin *măsurarea excursiei inelului tricuspidian către apex în sistolă (TAPSE)*, „a modificării fracționate a ariei ventriculului drept” și prin *unda S' sistolică TDI*.

Măsurarea TAPSE nu a prezentat variații semnificative între grupurile de studiu, în schimb „*modificarea fracționată a ariei VD*” și *unda S' sistolică* au exprimat rezultate diferite semnificativ în funcție de practicarea sportului ($p = 0,002$, respectiv $p = 0,038$), acești parametri exprimând valori mai mici la sportivi față de cele înregistrate pentru lotul de control. „*Modificarea fracționată a ariei VD*” a prezentat valorile cele mai scăzute la practicanții sporturilor mixte.

Contrar rezultatelor obținute în studiul nostru, în cea mai recentă metaanaliză, în vederea stabilirii intervalelor de normalitate pentru măsurătorile ecocardiografice ale ventriculului drept, „*modificarea fracționată a ariei VD*” a prezentat cele mai crescute valori la sportivii antrenați în sporturi mixte, urmași de sportivii care practică sporturi statice, cele mai scăzute valori fiind la sportivii de duranță. ^{(23), (24)}

Până în prezent, cercetările au arătat faptul că o scădere minoră a parametrului „*modificarea fracționată a ariei VD*” în repaus, la sportivi, poate fi interpretată precum o consecință fiziologică a remodelării cardiace a ventriculului drept, însă au fost lansate ipoteze privind efectele negative ale exercițiului cronic asupra funcției ventriculului drept estimată prin acest parametru, acest subiect reprezentând un punct de plecare pentru cercetări ulterioare, pe loturi mari de sportivi. ⁽²⁵⁻²⁸⁾

Velocitatea tricuspidiană maximă și presiunea sistolică în artera pulmonară (PAPs, mmHg) au prezentat variații foarte înalt semnificative statistic ($p < 0,0001$), respectiv înalt semnificative ($p = 0,001$) ale valorilor între lotul CON₂ și lotul total de sportivi, iar dintre subploturile de sportivi, cele mai mari valori au fost exprimate pentru cei aparținând grupului SPO-M₂, valori urmate de cele notate pentru subplotul SPO-D₂.

Pornind de la această observație, am realizat un studiu ⁽²⁹⁾ în care am urmărit „prevalența” și impactul creșterii presiunii în artera pulmonară asupra structurii și funcției cardiace la sportivii de performanță. Astfel, în momentul în care lotul de sportivi întrunea 85 de subiecți (vârsta medie $17,8 \pm 4$ ani), iar cel de control 50 subiecți (vârsta medie $18,6 \pm 3,3$ ani), am observat faptul că 11 sportivi prezentau valori ale PAPs > 30 mmHg, această valoare reprezentând limita superioară admisă la populația generală.

Aceștia au exprimat valori mai crescute ale masei VS, ale volumului bătăie indexat la suprafața corporală, ale ariilor telediastolice și telesistolice ale ventriculului drept indexate la

BSA, ale volumelor telesistolice și telediastolice ale atriului drept, cât și valori mai mici ale „modificării fracționate a ariei VD”, atunci când au fost comparați cu subiecții control.

Comparând, de asemenea, parametrii ecocardiografici ai celor 11 sportivi cu aceia ai altor sportivi având caracteristici similare, dar cu valori ale PAPs < 30 mmHg, am observat faptul că ariile telediastolice și telesistolice ale ventriculului drept, indexate la BSA, sunt mai mari în cazul sportivilor cu PAPs crescută, iar „modificarea fracționată a ariei VD” prezenta valori mai mici față de sportivii cu PAPs normală.

La sportivii, care au prezentat valori crescute ale presiunii pulmonare, a fost notată dilatarea marcată a ventriculului drept, chiar și atunci când au fost comparați cu alți sportivi care au exprimat caracteristici asemănătoare. Această modificare nu a provocat alterări ale funcției biventriculare, fiind astfel interpretată drept o consecință a practicării sportului de performanță.

Față de studiile publicate ⁽³⁰⁾, originalitatea studiului nostru a constat în introducerea unei grupe de sportivi care efectuau eforturi mixte și în evidențierea unor valori mai mari ale PAPs la subiecții acestui sublot, față de sportivii de anduranță, cât și prin observarea măririi cavităților drepte atunci când au fost comparate cu un lot de sportivi similar ca vârstă, sex, suprafață corporală, ani de antrenament, tip de efort efectuat.

În cercetarea noastră, creșterea presiunii în artera pulmonară cu dilatarea cavității drepte a ridicat suspiciunea unei disfuncții ventriculare drepte, neconcretizată totuși prin faptul că ceilalți parametri de funcție sistolică erau în limitele normalului. Mai mult, parametrii de deformare miocardică evaluați prin tehnica „**speckle tracking**”, foarte utili în detectarea chiar a unei disfuncții ventriculare subclinice ^(31,32), au prezentat valori normale.

Originalitatea studiului actual rezidă dintr-o analiză complexă și completă, descriptivă și comparativă a parametrilor derivați din tehnica ecocardiografică „**speckle tracking**” în cazul sportivilor de performanță, grupați în trei subloturi, în funcție de tipul de antrenament.

Referitor la *strainul longitudinal al ventriculului stâng*, valorile cele mai mari au fost notate în regiunea subendocardică, la acest nivel predominând așezarea longitudinală a miocardiocitelor.

Pentru regiunea subendocardică și miocardică, în studiul nostru, nu au fost observate variații în funcție de prezența sau absența antrenamentului fizic, nici în funcție de tipul de efort efectuat.

În schimb, în regiunea subepicardică au fost exprimate diferențe semnificative între *strainul* calculat pentru subiecții din lotul de control și cel obținut pentru sportivi (-16,6 % vs -16 %, p=0,02), valorile mai mici fiind atribuite lotului de sportivi. Valorile mai scăzute notate la lotul SPO-S₂ pot fi atribuite atât tipului de antrenament, dar poate să apară și pe seama valorilor mai mari ale indexului de masă corporală (IMC) (valori mai mari la subiecții SPO-S₂), așa cum a fost demonstrat, în studii anterioare, faptul că există o corelație inversă între IMC și *strainul longitudinal*. ^(33,34)

În cercetarea noastră, *strainul circumferențial* a fost analizat, de asemenea, la nivel global și în porțiunea bazală, medie și apicală a ventriculului stâng. *Deformarea circumferențială globală* nu a cunoscut variații în funcție de prezența antrenamentului fizic. În schimb, valori semnificativ mai mari ale *deformării circumferențiale bazale* au fost exprimate pentru sportivii de anduranță și practicanții sporturilor statice (-21,7 % vs -20 %, p=0,02; respectiv -23,6 % vs -20 %, p=0,006), iar în ceea ce privește *strainul circumferențial apical* au fost observate valori semnificativ mai scăzute pentru subiecții sublotului SPO-S₂, atunci când au fost comparați cu sportivii de anduranță și cu lotul control (-22,4 % vs. -27% vs -27%, p=0,01).

Într-un studiu recent ⁽³⁵⁾, au fost observate valori mai mari ale *strainului circumferențial* atunci când au fost comparate valorile obținute la sportivi cu cele de la

populația de control, rezultate observate și în studiul nostru pentru strainul circumferențial bazal în cazul sportivilor de anduranță și a celor care practică exerciții de forță.

În studiul actual am realizat o evaluare completă a deformării ventriculare drepte, analizând *strainul longitudinal global, la nivelul peretelui liber, cât și la nivelul porțiunii bazale, medii și apicale ale peretelui ventriculului drept*, observând diferențe semnificative în ceea ce privește *strainul longitudinal global al ventriculului drept* între lotul CON₂ și lotul SPO₂ ($p=0,01$) și foarte înalt semnificative statistic pentru deformarea longitudinală la nivelul peretelui liber, dar și pentru cea de la nivelul porțiunii bazale și apicale ($p<0.0001$) în funcție de prezența sportului. Pentru acești parametri am înregistrat valori mai scăzute la sportivi față de subiecții control și, de asemenea, valori mai mici în porțiunea bazală față de cea apicală.

Valori mai mici ale *strainului longitudinal în porțiunea bazală* au fost argumentate prin geometria complexă a ventriculului drept în vederea reducerii stresului parietal, iar în cazul sportivilor s-a observat faptul că tractul de intrare este mai frecvent afectat de modificările adiacente antrenamentului fizic, față de tractul de ieșire.⁽³⁶⁾

8. Concluzii

Studiul prezent, prin îndeplinirea obiectivelor stabilite, a oferit perspective noi în evaluarea cardiovasculară a sportivilor de performanță, permițând desprinderea următoarelor concluzii:

- Interpretarea cu acuratețe a ECG-ului la sportivii de performanță presupune o cunoaștere desăvârșită și detaliată a ultimelor ghiduri, în vederea diferențierii modificărilor adaptative adiacente antrenamentului fizic de cele care apar în contextul unei boli cardiovasculare, precum cardiomiopatiile.
- Tipul activității sportive are un rol determinant major asupra remodelării cardiace atribuite sportului de performanță, alături de gen, vârstă, factori ereditari, rasiali, suprafață corporală și cantitatea de efort exercitată.
- Practicanții sporturilor cu componentă statică crescută au prezentat cele mai mari valori ale datelor antropometrice și ale tensiunii arteriale sistolice și diastolice, atunci când au fost comparate cu cele obținute pentru cei care practică sporturi de anduranță sau mixte.
- Hipertrofia ventriculară stângă, obiectivată prin indicele Sokolow-Lyon a prezentat cea mai înaltă „prevalență” la practicanții sporturilor statice (47 %), modificare interpretată drept secundară antrenamentului fizic susținut și repetat.
- Efortul fizic mixt a influențat apariția blocului incomplet de ramură dreaptă ($p<0,0001$).
- Practicarea eforturilor predominant statice a influențat apariția supradenivelării punctului J și a segmentului ST în derivațiile precordiale V₂-V₄.
- Prin ecocardiografia transtoracică bidimensională convențională și prin intermediul unei metode inovative „**speckle tracking**” am obținut informații valoroase care au contribuit la caracterizarea complexă a funcției biventriculare și biatriale a cordului sportiv, analiza statistică demonstrând efectele diferențiate ale sportului asupra tipului de remodelare cardiacă ($p<0,0001$).
- Practicarea sporturilor cu componentă predominant statică și mixte a determinat creșterea diametrului telesistolic al ventriculului stâng față de cele măsurate la subiecții din lotul control.

- Măsurătorile liniare ale septului interventricular și ale peretelui posterior al ventriculului stâng, în diastolă, cât și ale masei VS au prezentat cele mai mari valori la sportivii aparținând subplotului SPO-S₂, prezentând astfel un grad mai mare de remodelare cardiacă (15% din subiecți au prezentat remodelare concentrică, 15 % hipertrofie concentrică) față de practicanții sporturilor de anduranță și mixte.
- Cel mai crescut procent de hipertrofie excentrică a fost observat la sportivii care efectuau sporturi mixte (13 %).
- Volumele telediastolice și telesistolice, indexate la suprafața corporală au fost semnificativ crescute la sportivi față de subiecții din lotul control ($p < 0,0001$).
- Parametrii definitorii ai funcției sistolice a ventriculului stâng, fracția de ejecție și debitul cardiac nu au prezentat diferențe în funcție de prezența sau absența sportului sau în funcție de tipul activității sportive.
- Volumul sistolic a fost considerabil mai mare la sportivii de anduranță și practicanții sporturilor mixte, atunci când au fost comparați cu subiecții de control ($p = 0,001$).
- Profilul diastolic evaluat prin raportul E/A a fost crescut la sportivii de anduranță ($p < 0,0001$).
- Valorile **strainul longitudinal global al ventriculului stâng ***, cât și la nivelul regiunilor endocardice, miocardice și epicardice nu au fost influențate de prezența antrenamentului fizic sau de tipul de efort, la fel și valorile strainului circumferențial global al ventriculului stâng și la nivelul porțiunii bazale, medii și apicale nu au fost condiționate de prezența efortului fizic.
- Măsurătorile ecocardiografice obținute pentru ventriculul drept au evidențiat cele mai crescute valori la subiecții subplotului SPO-D₂, urmate de cele obținute pentru practicanții sporturilor mixte, indicând astfel influența tipului activității sportive asupra cavității ventriculului drept.
- Funcția sistolică evaluată prin parametrul „Modificarea fracționată a ariei VD” a prezentat o scădere semnificativă la sportivii din subplotul SPO- M₂ ($p = 0,027$).
- Tipul de antrenament fizic mixt a exercitat influențe asupra deformării miocardice longitudinale globale și regionale (**strain longitudinal global și regional ventricul drept***) de la nivelul ventriculului drept.
- Un număr de 11 sportivi au prezentat valori ale PAPs peste limita superioară menționată în ghiduri (PAPs > 30 mmHg). Aceștia au exprimat valori mai crescute ale masei VS, ale volumului_{sistolic} indexat la suprafața corporală, ale ariilor telediastolice și telesistolice ale ventriculului drept indexate la BSA, ale volumelor telesistolice și telediastolice ale atriului drept, cât și valori mai mici ale „modificării fracționate a ariei VD”, atunci când au fost comparați cu subiecții control.
- Comparând, de asemenea, parametrii ecocardiografici ai celor 11 sportivi cu aceia ai altor sportivi având caracteristici similare, dar cu valori ale presiunii sistolice în artera pulmonară < 30 mmHg, am observat faptul că ariile telediastolice și telesistolice ale ventriculului drept, indexate la BSA, sunt mai mari în cazul sportivilor cu PAPs crescută, iar „modificarea fracționată a ariei VD” prezenta valori mai mici față de sportivii cu PAPs normală.
- La sportivii, care au prezentat valori crescute ale presiunii pulmonare, a fost notată dilatarea marcată a ventriculului drept, chiar și atunci când au fost comparați cu alți sportivi care au exprimat caracteristici asemănătoare. Această modificare nu a provocat alterări ale funcției biventriculare, fiind astfel interpretată drept o consecință a practicării sportului de performanță.
- Remodelarea cardiacă indusă de antrenamentul fizic susținut și repetat a implicat și atriile, nu numai ventriculii, astfel volumele telediastolice și telesistolice ale

cavităților atriale au fost semnificativ crescute la sportivi față de subiecții din lotul control, cele mai mari valori fiind notate la practicanții sporturilor mixte.

*date obținute prin ecocardiografia „speckle tracking”

Cercetarea noastră și-a propus și realizat demonstrarea importanței unei evaluări cardiovasculare complete și complexe a sportivilor de performanță, care practică diferite tipuri de efort fizic prin analiza ECG și a datelor ecocardiografice.

Prin intermediul ecocardiografiei „speckle tracking” a fost analizată deformarea miocardică globală, cât și cea regională, permițând o caracterizare complexă a funcției ventriculului stâng și, cel mai important, a ajutat la realizarea diagnosticului diferențial între modificările atribuite cordului sportiv și cele din cadrul cardiomiopatiilor.

Prezenta cercetare și-a îndeplinit obiectivele stabilite, atingându-și astfel scopul propus inițial de evaluare complexă și cât mai completă a activității cardiovasculare la sportivi de performanță, evaluare necesară diferențierii remodelării cardiace ca urmare a efortului fizic sportiv, de cele patologice.

Aspectele originale ale studiului sunt reprezentate de analiza electrocardiografică și ecocardiografică diferențiată la tipuri de efort predominant dinamic, static și mixt, cercetare efectuată în premieră în țara noastră.

Folosirea tehnicii moderne de „speckle tracking” a completat deosebit de util metoda ecocardiografică de rutină în caracterizarea modificărilor cordului sportiv, reprezentând un alt aspect original al cercetării noastre, în premieră națională.

9. Bibliografie

1. D'Andrea A, Formisano T, Riegler L, Scarafilo R, America R, Martone F, di Maio M, Russo MG, Bossone E, Galderisi M, Calabrò R. Acute and Chronic Response to Exercise in Athletes: The "Supernormal Heart". *Adv Exp Med Biol.* 2017; 999:21-41.
2. Lippi G, Favalaro EJ, Sanchis-Gomar F. Sudden Cardiac and Noncardiac Death in Sports: Epidemiology, Causes, Pathogenesis, and Prevention. *Semin Thromb Hemost.* 2018 Jun 4. doi: 10.1055/s-0038-1661334.
3. Jere H. Mitchell, Haskell W, Snell P, P. Van Camp S. Task Force: Classification of Sports. *JACC* 2005, Vol 45, No. 8: 1364-7.
4. Pufulete E., Cordul sportiv. *Medicină sportivă* . Editura Medicală, 2002, București. 97-120.
5. Corîci OM, Mirea-Munteanu O, Donoiu I, Istrătoaie O, Corîci CA, Iancău M. Gender-Related Electrocardiographic Changes in Athletes. *Curr Health Sci J*, vol. 44, no. 1, 2018.
6. Wilson MG, Drezner JA, Sharma S, J.D. Periard. *IOC Manual of Sports Cardiology*. 1st Edition. Published by J. Wiley & Sons ,2017, 32-49.
7. McDiarmid AK, Swoboda PP, Erhayiem B, Lancaster RE, Lyall GK, Broadbent DA, Dobson LE, Musa TA, Ripley DP, Garg P, Greenwood JP, Ferguson C, Plein S. Athletic Cardiac Adaptation in Males Is a Consequence of Elevated Myocyte Mass. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2016 Apr;9(4).
8. Kim JH, Baggish AL. Differentiating Exercise-Induced Cardiac Adaptations From Cardiac Pathology: The "Grey Zone" of Clinical Uncertainty. *Can J Cardiol.* 2016 Apr;32(4):429-37.
9. Panhuyzen-Goedkoop NM, Jørstad HT, Smeets JLRM. A new consensus document on electrocardiographic interpretation in athletes: does it help to prevent sudden cardiac death in athletes? *Neth Heart J.* 2018 Mar;26(3):127-132.

10. Wilson MG, Drezner JA, Sharma S, Watt V. Normal electrocardiographic findings in athletes. *IOC Manual of Sports Cardiology*. 1st Edition. Published by J. Wiley & Sons 2017, 95-102.
11. Shimizu I, Minamino T. Physiological and pathological cardiac hypertrophy. *J Moll Cel Cardiol* 2016 Aug; 97:245-62.
12. Khan AA., Safi L., Wood M. Cardiac Imaging In Athletes. *Methodist deBakey Cardiovasc J* 2016 Apr-Jun;12(2):86-92.
13. Sharma S, Drezner J.A, Baggish A, et al . Recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes. *European Heart Journal* 2017; 00: 1-19.
14. Georgijević L, Andrić L. Electrocardiography in pre-participation screening and current guidelines for participation in competitive sports. *Srp Arh Celok Lek.* 2016 Jan-Feb;144(1-2):104-10.
15. D'Andrea A., Riegler L., Morra S., et al. Right ventricular morphology and function in top-level athletes: a three-dimensional echocardiographic study. *J Am Soc Echocardiogr* 2012; 25: 1268-76.
16. La Gerche A, Baggish A, Heidbuchel H, Levine BD, Rakhit D. What May the Future Hold for Sports Cardiology? *Heart Lung Circ.* 2018 Jun 6.
17. Szauder I, Kovács A, Pavlik G. Comparison of left ventricular mechanics in runners versus bodybuilders using speckle tracking echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound.* 2015 Feb 18;13:7
18. Vitarelli A, Capotosto L, Placanica G, et al. Comprehensive assessment of biventricular function and aortic stiffness in athletes with different forms of training by three-dimensional echocardiography and strain imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013;14:1010–1020.
19. Oxborough D, Heemels A, Somauroo J, McClean G, Mistry P, Lord R, Utomi V, Jones N, Thijssen D, Sharma S, Osborne R, Sculthorpe N, George K. Left and right ventricular longitudinal strain-volume/area relationships in elite athletes. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2016 Aug;32(8):1199-211.
20. Caselli S, Di Paolo FM, Pisicchio C, et al. : Three-dimensional echocardiographic characterization of left ventricular remodeling in Olympic athletes. *Am J Cardiol.* 2011;108(1):141–7.
21. Caselli S, Montesanti D, Autore C, Di Paolo FM, Pisicchio C, Squeo MR, Musumeci B, Spataro A, Pandian NG, Pelliccia A. Patterns of left ventricular longitudinal strain and strain rate in Olympic athletes. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015 Feb;28(2):245-53.
22. D'Andrea A, Riegler L, Golia E, Cocchia R, Scarafile R, Salerno G, Pezzullo E, Nunziata L, Citro R, Cuomo S, Caso P, Di Salvo G, Cittadini A, Russo MG, Calabrò R, Bossone E. Range of right heart measurements in top-level athletes: the training impact. *Int J Cardiol.* 2013 Mar 20;164(1):48-57.
23. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiography* 2015; 28:1-39.
24. D'Ascenzi F, Pelliccia A, Solari M, Piu P, Loiacono F, Anselmi F, Caselli S, Focardi M, Bonifazi M, Mondillo S. Normative Reference Values of Right Heart in Competitive Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Soc Echocardiogr.* 2017 Sep;30(9):845-858
25. Corîci OM, Mirea-Munteanu O, Donoiu I, Istrătoaie O, Iancău M. Right ventricular enlargement in a 14-year-old karate athlete – a case report. *Medicina Sportiva* (2018), vol. XIV, no 1, 3010-3016.

26. Neilan TG, Yoerger DM, Douglas PS, Kayserilioglu A. Persistent and reversible cardiac dysfunction among amateur marathon runners. *Eur Heart J* 2006;27:1079-84.
27. Heidbuchel H, La Gerche A. The right heart in athletes. Evidence for exercise-induced arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol* 2012;23:82-6.
28. La Gerche A, Burns AT, Mooney DJ, Inder WJ, Taylor AJ, Bogaert J, et al. Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes. *Eur Heart J* 2012;33:998-1006.
29. Oana Mirea, Oana M. Corîci, Octavian Istrătoaie, Ionuț Donoiu, Maria Iancău, Constantin Militaru. Left and right ventricular morphology and function in athletes with elevated pulmonary systolic arterial pressure. *Echocardiography*. 2018;1-8.
30. D'Andrea A., Naeije R., D'Alto M., et al. Range in pulmonary artery systolic pressure among highly trained athletes. *Chest* 2011; 139(4): 788-94.
31. Pirat B, McCulloch ML, Zoghbi WA. Evaluation of global and regional right ventricular systolic function in patients with pulmonary hypertension using a novel speckle tracking method. *Am J Cardiol*. 2006;98:699-704.
32. Fukuda Y, Tanaka H, Sugiyama D, et al. Utility of right ventricular free wall speckle-tracking strain for evaluation of right ventricular performance in patients with pulmonary hypertension. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24:1101-1108.
33. Oana Mirea, Octavian Istratoaie, Frédéric Schnell, Jürgen Duchenne, Cristian Militaru & Constantin Militaru. Multidirectional left ventricle and longitudinal right ventricle deformation analysis by two- dimensional speckle tracking echocardiography in young elite athletes. *Acta Cardiologica*, 71:4, 395-402.
34. Kuznetsova T, Herbots L, Richart T, D'hooge J, Thijs L, Fagard RH, Herregods MC, Staessen JA. Left ventricular strain and strain rate in a general population. *Eur Heart J* 2008; 29: 2014-23.
35. Charfeddine S, Mallek S, Triki F, Hammami R, Abid D, Abid L, Kammoun S. Echocardiographic analysis of the left ventricular function in young athletes: a focus on speckle tracking imaging. *Pan Afr Med J*. 2016 Nov 16;25:171.
36. Bauce B, Frigo G, Benini G, et al. Differences and similarities between arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and athlete's heart adaptations. *Br J Sports Med* 2010; 44: 148-154.