

CZU: 616.124.3-008.46:616.127-089.844

<https://doi.org/10.52692/1857-0011.2023.1-75.07>

CAPACITATEA DE EFORT LA PACIENȚII CU DISFUNȚIE DE VENTRICUL DREPT ÎN PERIOADA PRECOCE DUPĂ REVASCULARIZARE MIOCARDICĂ

Janna CAZACU, studentă-doctorand anul IV, cercetător științific, medic cardiolog,
Daniela BURSACOVSCI, studentă-doctorand anul IV, medic cardiolog,
Stela DODU, studentă-doctorand anul IV, cercetător științific, medic cardiolog,
Eleonora VATAMAN, profesor universitar, dr. hab. șt. med.,

IMSP Institutul de Cardiologie

janna.cazacu@gmail.com

Rezumat.

Introducere. Capacitatea de efort este puternic asociată cu morbiditatea și mortalitatea de orice cauză și de cauză cardiovasculară la pacienții cu insuficiență cardiacă. Disfuncția de ventricul drept (DVD) pare a fi un predictor independent al intoleranței la efort, însă influența acesteia asupra capacității de efort a bolnavilor în perioada precoce după revascularizare miocardică rămâne neclară.

Scopul: evaluarea capacității de efort la pacienții cu DVD la 3 luni după revascularizare miocardică.

Materiale și metode. Cercetarea în cauză este un studiu analitic prospectiv care face parte din proiectul științific „ALTERICC”, din cadrul Programului de Stat 2020-2023. Acesta a inclus 114 pacienți la 3 luni după revascularizare miocardică prin by-pass coronarian sau angioplastie coronariană percutană. Ei au fost divizați în 2 grupuri în funcție de prezența DVD: Gr. DVD - 35 pacienți și Gr. non-DVD - 79 pacienți. Pacienții au fost investigați prin ecocardiografie, test de efort cardiopulmonar (TECP) și test de mers 6 minute (TM6M).

Rezultate. Consumul de oxigen de vârf (VO_{2p}) atins de către pacienții din Gr. DVD a fost semnificativ mai redus ($1018,0 \pm 400,6$ ml/min) în comparație cu cei din Gr. non-DVD ($1243,9 \pm 336,6$ ml/min), $p < 0,05$. VO_{2p} raportat la valoarea maximă prezisă ($VO_{2p} \%$) a fost inferior la bolnavii cu DVD ($49,2 \pm 13,3\%$ vs $58,5 \pm 15,0\%$), $p = 0,01$, similar cu VO_{2p} raportat la masa corporală ($VO_{2p}/kg - 11,9 \pm 3,9$ ml/min/kg vs $14,6 \pm 4,1$ ml/min/kg), $p = 0,01$. S' VD și TAPSE au corelat pozitiv și statistic semnificativ cu VO_{2p} , $VO_{2p} \%$ și VO_{2p}/kg . Bolnavii cu DVD au parcurs o distanță nesemnificativ inferioară în timpul TM6M ($313,5 \pm 72$ m vs $338,1 \pm 65,5$ m). Totuși, aceasta a corelat pozitiv cu sarcina efectuată în timpul TECP și VO_{2p} , VO_{2p}/kg , $VO_{2p} \%$.

Concluzii. Capacitatea de efort (exprimată atât prin sarcina maximă de efort, cât și prin VO_{2p} , VO_{2p}/kg , $VO_{2p} \%$, dar și distanța parcursă în timpul TM6M) a fost inferioară la pacienții cu DVD la 3 luni după revascularizare miocardică.

Cuvinte cheie: disfuncție de ventricul drept, capacitate de efort, test de efort cardiopulmonar.

Summary. Exercise capacity in patients with right ventricular dysfunction in the early stage after myocardial revascularization.

Background. Exercise capacity is strongly associated with morbidity, as well as all-cause and cardiovascular mortality in patients with heart failure. Right ventricular dysfunction (RVD) appears to be an independent predictor of exercise intolerance, but its influence on patients' exercise capacity in the early period after myocardial revascularization remains unclear.

Purpose: evaluation of exercise capacity in patients with DVD 3 months after myocardial revascularization.

Methods. The research is a prospective analytical study which is part of the scientific project „ALTERICC” within the State Program 2020-2023. The research included 114 patients 3 months after myocardial revascularization by coronary artery by-pass grafting or percutaneous coronary angioplasty. They were divided into 2 groups according to the presence of RVD: Gr. RVD - 35 patients and Gr. non-RVD - 79 patients. All patients were investigated by echocardiography, cardiopulmonary exercise testing (CPET) and 6 minute walking test (6MWT).

Results. Peak oxygen consumption (VO_{2p}) achieved by patients in the RVD group was significantly lower (1018.0 ± 400.6 ml/min) compared to those in the non-RVD group ($1243.9 \pm 336, 6$ ml/min), $p < 0.05$. VO_{2p} related to the maximum predicted value ($VO_{2p} \%$) was inferior in patients with RVD ($49.2 \pm 13.3\%$ vs $58.5 \pm 15.0\%$), $p = 0.01$, as well as VO_{2p} related to body mass was lower in the RVD group ($VO_{2p}/kg - 11.9 \pm 3.9$ ml/min/kg vs 14.6 ± 4.1 ml/min/kg), $p = 0.01$. S' RV and TAPSE correlated positively and statistically significantly with VO_{2p} , $VO_{2p} \%$ and VO_{2p}/kg . Patients with RVD performed a lower distance during 6MWT (313.5 ± 72 m vs 338.1 ± 65.5 m). However, the results of 6MWT correlated positively with the work rate performed during CPET and VO_{2p} , VO_{2p}/kg , $VO_{2p} \%$.

Conclusion. Exercise capacity (expressed both by maximal work rate and by VO_{2p} , VO_{2p}/kg , $VO_{2p} \%$, but also by the distance performed during TM6M) was lower in patients with RVD at 3 months after myocardial revascularization.

Key words: Right ventricular dysfunction, exercise capacity, cardiopulmonary exercise testing.

Rezюме. Толерантност к физической нагрузке у больных с дисфункцией правого желудочка на раннем этапе после реваскуляризации миокарда.

Введение. Толерантност к физическим нагрузкам тесно связана с заболеваемостью и со смертностью у пациентов с сердечной недостаточностью. Дисфункция правого желудочка (ДПЖ) является независимым предиктором низкой толерантности к физическим нагрузкам.

Цель исследования: оценка толерантности к физическим нагрузкам у больных с ДПЖ через 3 месяца после реваскуляризации миокарда.

Методы. Данная работа является проспективным аналитическим исследованием, который является частью научного проекта «ALTERICC» в рамках Государственной программы 2020-2023 гг. В исследовании были включены 114 пациентов через 3 месяца после реваскуляризации миокарда методом коронарного шунтирования или коронарной ангиопластики. В зависимости от наличия ДПЖ они были разделены на 2 группы: Гр. ДПЖ - 35 больных и Гр. без ДПЖ - 79 больных. Все пациенты были обследованы методом эхокардиографии, кардио-респираторного нагрузочного теста и теста 6 минутной ходьбы (Т6МХ).

Результаты. Пиковое потребление кислорода (VO_{2p}), достигнутое у пациентов в группе ДПЖ было ниже ($1018,0 \pm 400,6$ мл/мин) по сравнению с больными с нормальной функцией ПЖ ($1243,9 \pm 336,6$ мл/мин), $p < 0,05$. VO_{2p} относительно максимального прогнозируемого значения ($VO_{2p} \%$) было ниже у больных с ДПЖ ($49,2 \pm 13,3\%$ vs $58,5 \pm 15,0\%$), $p = 0,01$, аналогично VO_{2p} относительно массы тела ($VO_{2p}/кг$ - $11,9 \pm 3,9$ мл/кг vs $14,6 \pm 4,1$ мл/мин/кг), $p = 0,01$. $S'VD$ и $TAPSE$ положительно коррелировали с VO_{2p} , $VO_{2p} \%$ и $VO_{2p}/кг$. Пациенты с ДПЖ преодолели незначительно меньшее расстояние во время Т6МХ ($313,5 \pm 72$ м vs $338,1 \pm 65,5$ м). Однако пройденное расстояние в Т6МХ положительно коррелировало с параметрами кардио-респираторного нагрузочного теста (VO_{2p} , $VO_{2p}/кг$, $VO_{2p} \%$).

Выводы. Толерантност к физической нагрузке (выраженная как VO_{2p} , $VO_{2p}/кг$, $VO_{2p} \%$, а также расстоянием пройденным при Т6МХ) была ниже у пациентов с ДПЖ через 3 месяца после реваскуляризации миокарда.

Ключевые слова: Дисфункция правого желудочка, толерантност к физическим нагрузкам, кардио-респираторный нагрузочный тест.

Introducere

Capacitatea de efort este puternic asociată cu morbiditatea, precum și mortalitatea de orice cauză și de cauză cardiovasculară la pacienții cu insuficiență cardiacă (IC). [1, 2] Intoleranța la efort este definită drept o deficiență în capacitatea de a efectua activități fizice însoțită de simptome corespunzătoare (dispnee și/sau fatigabilitate), fiind un semn distinctiv al IC cronice. [3].

Capacitatea de efort reprezintă cantitatea maximă de efort fizic pe care o poate îndeplini un subiect, în timp ce capacitatea funcțională poate fi definită drept capacitatea de a efectua activități cotidiene care necesită un metabolism aerob susținut, submaximal. [3].

Atât afectarea rezervei cardiace și pulmonare, cât și reducerea perfuziei și/sau funcției mușchilor scheletici respiratori și periferici reprezintă mecanismele fiziopatologice implicate în reducerea toleranței la efort în IC. [3].

În practica clinică capacitatea de efort este derivată frecvent din sarcina maximă exprimată în Watt sau estimată prin echivalentul metabolic METs în timpul unui test cu efort fizic dozat. Totuși, determinarea consumului maxim de oxigen (VO_{2max}) în timpul unui test de efort cardiopulmonar (TECP) cunoscute cu acuratețe maximă capacitatea de efort, [2] constituind standardul de aur în aprecierea acesteia. TECP permite evaluarea schimbului de gaze în timpul efortului fizic, oferind o evaluare complexă a sistemelor de organe implicate atât în transportul

oxigenului, cât și utilizarea acestuia [4] și o evaluare rafinată, noninvazivă a mecanismelor implicate în limitarea capacității de efort [3]. O serie de variabile obținute în cadrul TECP s-au dovedit a fi factori de prognostic puternici, justificând utilizarea sa în evaluarea riscului pentru evenimente nefavorabile a candidatului pentru transplant cardiac. [3]. Astfel, VO_{2p} , curba eficienței captării oxigenului (OUES) și curba ventilație-minut/producere CO_2 (VE/VCO_2) sunt predictorii independenți ai prognosticului IC. [5] $VO_{2p} < 14$ ml/kg/min este o valoare prag care delimitează pacienții cu IC cu prognostic rezervat, ce necesită tratamente avansate ale IC, cum ar fi transplantul cardiac sau necesitatea implantării dispozitivelor de asistență ventriculară. [6] Totuși, $VO_{2p} < 12$ ml/kg/min pare a fi o valoare prag mai fiabilă pentru pacienții care administrează beta-blocante. [7]. Totodată, parametrii evaluați prin intermediul TECP răspund pozitiv la intervențiile farmacologice, de modificare a stilului de viață și chirurgicale, permițând evaluarea eficacității terapeutice. [3].

Pe de altă parte, testul de mers 6 minute (TM6M) evaluează capacitatea funcțională [3], fiind o metodă fiabilă, ieftină, sigură și accesibilă [8]. Distanța parcursă în timpul TM6M este utilă pentru aprecierea severității bolii și permite monitorizarea și evaluarea eficacității tratamentului. Totodată, parcurgerea unei distanțe mai mici de 300 m în cadrul TM6M reprezintă un predictor independent al mortalității de cauză cardiovasculară. [3].

Luând în considerație faptul, că evaluarea capacității de efort prin intermediul TECP pe scară largă este limitată din cauza necesității de echipamente sofisticate, dar și dificultății îndeplinirii de către pacienții vârstnici sau cei cu comorbidități, TM6M a devenit o abordare mai fezabilă. [8]. Un review sistematic care vizează testele de apreciere a capacității funcționale bazate pe mers a arătat că TM6M este ușor de administrat și bine tolerat, iar, având în vedere că mersul este o activitate zilnică naturală, acesta caracterizează mai fidel starea funcțională a pacienților, inclusiv a celor vârstnici sau cu afecțiuni ale aparatului locomotor. [9].

Disfuncția de ventricul drept (DVD) este stabilită în cazul în care unul dintre parametrii care definesc funcția VD nu se încadrează în limita valorilor normale recomandate (Tabelul 1). [10]

Tabelul 1.

Disfuncția de ventricul drept. [10]

TAPSE	< 17 mm
Variația procentuală a ariei VD	< 35 %
S' VD	< 9.5 cm/s
Strain longitudinal al peretelui liber al VD	> -20 %
Indicele de performanță miocardică al VD	> 0.43
Fracția de ejeție al VD apreciată prin ecocardiografie 3D	< 45%
Semne de supraîncărcare cu volum/presiune a VD	
Db VD	>41mm
Db VD/Db VS	>1.0
Grosimea peretelui VD	>5 mm
Diametrul venei cave inferioare	>21 mm
Colabarea venei cave inferioare la inspir	<50%
Velocitatea regurgitării tricuspidiene	>2.8 m/s
Aria end-sistolică a AD	>18 cm ²
Notă: AD- atriu drept, Db VD - diametrul end-diastolic bazal al ventriculului drept, Db VS - diametrul end-diastolic bazal al ventriculului stâng, S' VD- viteza sistolică la nivel lateral al inelului tricuspidian, TAPSE- excursia sistolică a inelului tricuspidian, VD- ventricul drept	

DVD este identificată la 25-30% dintre pacienți în perioada precoce și medie după by-pass coronarian [11, 12] și în 14-50% dintre pacienții cu infarct miocardic acut care sunt supuși unei intervenții coronariene percutane. [13, 14]

DVD este un predictor important al IC indiferent de funcția ventriculului stâng (VS) [7], dar pare a fi și un predictor independent al intoleranței la efort. [1]. Totodată, s-a demonstrat că afectarea funcției VD este asociată cu o capacitate redusă de efort la pacienții cu cardiopatie ischemică. [1]. Astfel, la bolnavii cu cardiopatie ischemică și DVD s-a determinat o reducere cu 9% a VO_{2p} . [15]. Pe de altă parte, a fost stabilit că VO_{2p} prezintă doar o corelație modestă cu magnitudinea disfuncției ventriculare stângi, datorită dezvoltării mecanismelor compensatorii ca răspuns la statutul

de debit cardiac scăzut și la reducerea perfuziei/funcției musculaturii periferice și respiratorii. [7].

Mecanismul fiziopatologic prin care DVD influențează capacitatea de efort este dual. Pe de o parte, afectarea funcției sistolice a VD determină scăderea debitului sanguin către arborele vascular pulmonar, în acest mod afectează schimbul de oxigen la nivelul alveolelor pulmonare și influențează presarcina VS. Totodată, datorită interdependenței ventriculare, dilatarea VD determină comprimarea VS, afectează relaxarea acestuia și limitează umplerea, modificând astfel performanța VS și, în rezultat, toleranța la efort. Pe de altă parte, afectarea funcției diastolice a VD agravează congestia sistemică și afectează circulația periferică. [2, 7, 12].

Totuși, influența DVD asupra capacității de efort a bolnavilor în perioada precoce după revascularizare miocardică rămâne neclară.

Scopul studiului: evaluarea capacității de efort la pacienții cu DVD la 3 luni după revascularizare miocardică prin by-pass coronarian (B/Pc) sau angioplastie coronariană percutană (PCI).

Materiale și metode

Cercetarea în cauză este un studiu analitic prospectiv, care a fost realizat cu suportul proiectului 20.80009.8007.40 „ALTERICC” din cadrul Programului de Stat (2020-2023), conducător de proiect: Vataman Eleonora, dr. hab. șt. med., prof. univ. autoritatea contractantă: Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare. Studiul a inclus 114 pacienți care au îndeplinit programul de reabilitare cardiacă după revascularizare miocardică prin B/Pc sau PCI în cadrul secției specializate a IMSP Institutul de Cardiologie. Ei au fost divizați în 2 grupuri în funcție de prezența DVD.

DVD a fost stabilită în urma examenului ecocardiografic transtoracic (EcoCG) în cazul prezenței unuia dintre următoarele criterii:

- excursia sistolică a inelului tricuspidian (TAPSE) < 17 mm,
- viteza sistolică a inelului tricuspidian (S') < 9,5m/s,
- indicele de performanță miocardică a VD apreciat prin Doppler tisular (IPM VD) > 0,43,
- variația procentuală a ariei VD (VPA VD) < 35%,
- diametrul end-diastolic bazal (DbVD) > 41mm
- grosimea peretelui liber VD > 5mm.

Astfel, grupul de pacienți la care s-a apreciat DVD (Gr. DVD) a fost format din 35 pacienți (30,8%), iar alți 79 pacienți (69,2%) care au avut funcția VD neafectată au constituit grupul non-DVD (Gr. non-DVD).

Pacienții incluși în studiu au fost examinați clinic. S-a efectuat electrocardiografia pentru evaluarea

ritmului cardiac, morfologiei undelor și segmentelor, cu o atenție deosebită spre depistarea semnelor de hipertrofie sau suprasolicitare de VD. Totodată, pacienții au fost examinați prin EcoCG transtoracică pentru examinarea complexă a parametrilor morfologici și funcționali ai ventriculului stâng și drept. TM6M a evidențiat distanța parcursă, dar și tensiunea arterială, frecvența contracțiilor cardiace și saturația cu oxigen la începutul și sfârșitul efortului. TECP a fost efectuat tuturor pacienților care nu au prezentat contraindicații și care au fost în condiție fizică favorabilă pentru a putea efectua testul cu efort. TECP a constat în efectuarea unui efort fizic dozat la un cicloergometru electronic conform unui protocol incremental cu o sarcină de efort de 20 W/min. Pe parcursul întregului test a fost monitorizată continuu electrocardiograma, tensiunea arterială, saturația cu oxigen și schimbul gazos prin intermediul unei măști faciale. Testul de efort a fost unul submaximal sau limitat de simptome. Acesta a fost considerat submaximal la atingerea următoarelor criterii:

- 85% din frecvența cardiacă maximă prezisă conform vârstei,
- coeficientul respirator $> 1,15$,
- 85% din consumul de oxigen maxim prezis conform vârstei, sexului și masei corporale,
- 85% din ventilația voluntară maximă.

De asemenea, s-a evaluat nivelul seric al fragmentului N-terminal al peptidei natriuretice tip B (NT-proBNP).

Datele obținute au fost analizate statistic. Variabilele cantitative au fost prezentate sub formă de medie și deviație standard, iar pentru compararea grupurilor s-a utilizat testul t-student. Variabilele calitative și categoriale au fost prezentate prin procentaje, iar evidențierea diferențelor între cele două loturi de bolnavi s-a efectuat prin intermediul testului χ^2 . Relația de corelare dintre variabilele parametrice a fost apreciată prin parametrul r Pearson.

Rezultate

Pacienții din lotul general de studiu au avut vârsta medie de $61,05 \pm 8,2$ ani cu o predominare semnificativă a bărbaților (91,9%). Grupurile de bolnavi divizate în funcție de prezența DVD au fost similare din punct de vedere a vârstei și genului. Astfel, vârsta medie a subiecților din Gr. DVD a constituit $61,65 \pm 6,19$ ani, 95,2% fiind bărbați, iar în Gr. non-DVD pacienții au avut în mediu $60,78 \pm 9,03$ ani, dintre care 92,5% au fost bărbați.

Analizând parametrii funcționali ai VD în Gr. DVD am înregistrat valori statistic semnificativ mai mici față de pacienții cu funcția VD normală. Astfel, valoarea medie a TAPSE a constituit $15,4 \pm 2,7$ mm (vs

$21,7 \pm 3,6$ mm, $p=0,001$), S' la nivel lateral al inelului tricuspidian a fost $9,0 \pm 0,9$ cm/s (vs $12,0 \pm 2,8$ cm/s, $p=0,001$), VPA VD a atins $28,1 \pm 5,2\%$ (vs $38,9 \pm 3,7$, $p<0,05$) și IPM VD - $0,47 \pm 0,05$ (vs $0,4 \pm 0,03$, $p<0,05$). Totodată, DbVD mediu a constituit $43,2 \pm 3,3$ mm (vs $39,1 \pm 3,7$ mm, $p<0,05$).

Am observat că pacienții care au prezentat DVD la 3 luni după evenimentul acut au suportat mai frecvent revascularizare miocardică prin B/Pc (85,7%) decât prin PCI (14,3%). Pe de altă parte, în Gr. non-DVD raportul bolnavilor revascularizați prin B/Pc și PCI a fost similar cu ușoară predominare, a celor cu PCI (PCI - 52,8%, B/Pc - 47,2%); $p=0,01$.

Toți pacienții incluși în studiu au prezentat semne și simptome de insuficiență cardiacă (IC). Frația de ejeție a ventriculului stâng (FE VS) în Gr. DVD a constituit $44,3 \pm 9,2\%$ și a fost semnificativ mai mică decât în Gr. non-DVD, unde FE VS a constituit $50,5 \pm 7,8\%$ ($p<0,05$). Nivelul seric al NT-proBNP a fost superior la bolnavii cu DVD (1133 ± 276 pg/ml vs $587,2 \pm 186,4$ pg/ml, $p<0,05$). Evaluând fenotipurile IC, am remarcat că în grupul de pacienți cu DVD au predominat cei cu IC cu FE VS redusă (IC-FER - 42,8%) față de bolnavii cu IC cu FE VS ușor redusă (IC-FEur - 23,8%) și cei cu IC cu FE VS prezervată (IC-FEp - 33,3%). În grupul de bolnavi cu funcția VD nealterată au prevalat pacienții cu IC-FEp (67,9%) față de cei cu IC-FEur - 16,98% și IC-FER - 15,09%, $p<0,05$.

Caracterizând capacitatea de efort prin sarcina maximă (WR) efectuată în timpul TECP, am observat că aceasta a fost statistic semnificativ mai mică la pacienții cu DVD, ei atingând un prag de efort de $93,6 \pm 38,6$ W față de bolnavii fără DVD ($113,7 \pm 31,9$ W), $p<0,05$. Pe de altă parte, rata pacienților care au reușit să îndeplinească un TECP submaximal a fost similară în ambele grupuri de bolnavi (Gr.DVD - 70,8%, Gr. non-DVD - 68,7%). În acest mod, coeficientul respirator (RQ: Gr.DVD - $1,02 \pm 0,09$, Gr. non-DVD - $1,04 \pm 0,1$), frecvența cardiacă (FC) maximă (Gr.DVD - $109,7 \pm 17,7$ c/min, Gr. non-DVD - $109,8 \pm 15,6$ c/min) și rezerva FC (Gr. DVD - $46,3 \pm 18,4$ c/min, Gr. non-DVD - $49,1 \pm 15,2$ c/min) nu s-au diferențiat semnificativ între cele două grupuri de bolnavi (Fig. 1.). Totodată, este de remarcat faptul, că pacienții cu DVD au avut saturația cu oxigen la finele TECP inferioară (SaO_2 în Gr. DVD - $97,8 \pm 0,9\%$) față de bolnavii cu funcția VD normală (SaO_2 în Gr. non-DVD - $98,4 \pm 0,7\%$), $p<0,01$.

Având în vedere faptul că consumul de oxigen (VO_2) de vârf cuantifică cu acuratețe maximă capacitatea de efort, am evaluat VO_2 la 3 luni după revascularizare miocardică. Astfel, am remarcat că VO_2 inițial a fost statistic semnificativ mai mic la bolnavii cu DVD (Gr.DVD - $362,3 \pm 118,0$ ml/min, Gr. non-

Tabel 2

Caracteristica generală a loturilor de pacienți

Parametrii	Lot general	Gr. DVD	Gr. non-DVD	p
Vârsta, ani	61,05±8,22	61,65±6,19	60,78±9,03	
Gen, %	masculin	91,9	92,5	
	feminin	8,1	4,76	7,5
Tipul revascularizării miocardice, %	PCI	37,8	14,3	52,8
	By-pass coronarian	62,2	85,7	47,2
Fenotipul de insuficiență cardiacă, %	IC-FEr	23,0	42,8	15,09
	IC-FEur	18,9	23,8	16,98
	IC-FEr	58,1	33,3	67,9
NT-proBNP, pg/ml	757,0±472,8	1133,3±276,1	587,2±186,4	<0,05
Diametrul bazal VD, mm	40,1±3,4	43,2±3,3	39,1±3,7	<0,05
S' VD, cm/s	11,2±2,2	9,4±1,1	12,0±2,8	0,001
TAPSE, mm	19,2±4,1	15,4±2,7	21,7±3,6	0,001
Variația procentuală a ariei VD, %	33,52±7,5	28,1±5,2	38,9±3,7	<0,05
IPM VD	0,43±0,09	0,47±0,05	0,4±0,03	<0,05
Diametrul antero-posterior AD, mm	42,8±4,2	42,5±6,4	42,9±2,7	
DTD VS, mm	53,6±7,7	55,3±6,4	52,8±8,2	
DTS VS, mm	37,1±6,7	38,3±8,4	36,5±5,8	
VTD VS, ml	159,7±38,0	172,4±39,9	154,2±36,2	0,05
VTS VS, ml	83,2±32,1	97,9±35,7	76,9±28,5	<0,05
Diametrul antero-posterior AS, mm	43,1±4,3	44,9±4,8	42,3±3,9	<0,05
Fracția de ejeție VS, %	48,6±8,7	44,3±9,2	50,5±7,8	<0,05
PSAP, mmHg	35,3±5,3	35,3±6,4	35,3±4,8	

Notă: AD- atriu drept, AS- atriu stâng, DTD VS- diametrul telediastolic al ventriculului stâng, DTS VS- diametrul telesistolic al ventriculului stâng, IC-FEp- insuficiență cardiacă cu fracția de ejeție păstrată, IC-FEr- insuficiență cardiacă cu fracția de ejeție redusă, IC-FEur- insuficiență cardiacă cu fracția de ejeție ușor redusă, IPM- indicele de performanță miocardică, NT-proBNP- fragmentul N-terminal al proteinei natriuretice tip B, PSAP- presiunea sistolică în artera pulmonară, PCI- angioplastie coronariană percutană, TAPSE- excursia sistolică a planului inelului tricuspidian, S' VD - Velocitatea sistolică la nivelul inelului tricuspidian lateral VD- ventricul drept, VTD VS- volumul telediastolic al ventriculului stâng, VTS VS- volumul telesistolic al ventriculului stâng.

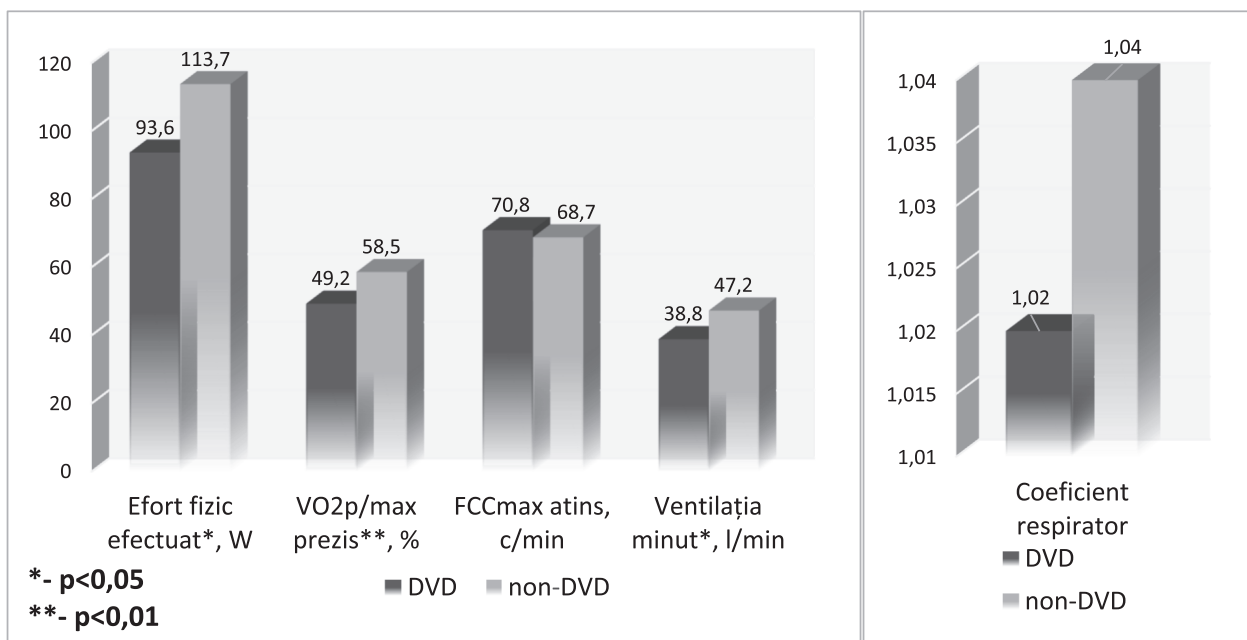


Figura. 1. Îndeplinirea criteriilor de TECP submaximal în Gr.- DVD și non-DVD la 3 luni după revascularizare miocardică.

Notă: DVD- disfuncția de ventricul drept, FCC- frecvența contracțiilor cardiace, TECP- test de efort cardiopulmonar, VO₂p- consum de oxigen de vârf, W-watt.

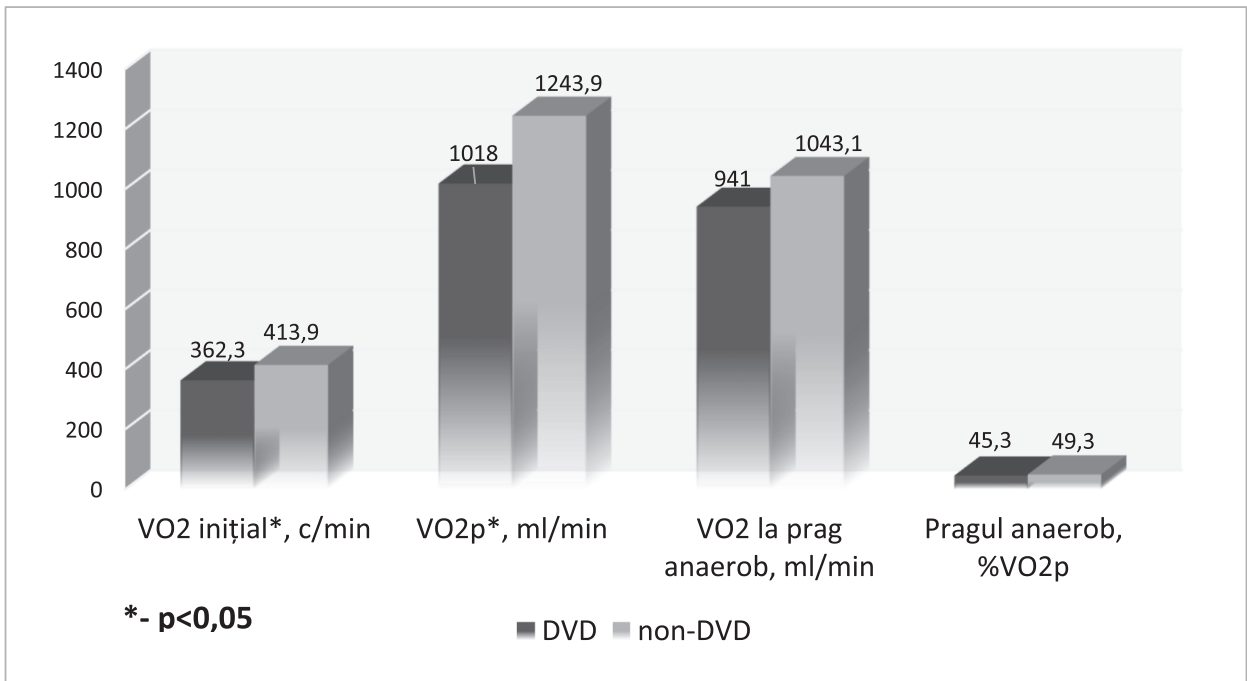


Figura 2. Consumul de oxigen atins de către pacienții cu DVD în comparație cu cei fără DVD în timpul TECP efectuat la 3 luni după revascularizare miocardică.

Notă: DVD- disfuncția de ventricul drept, FCC- frecvența contracțiilor cardiace, TECP- test de efort cardiopulmonar, VO2- consum de oxigen, VO2p- consum de oxigen de vârf, VO2p/FCC- pulsul de oxigen.

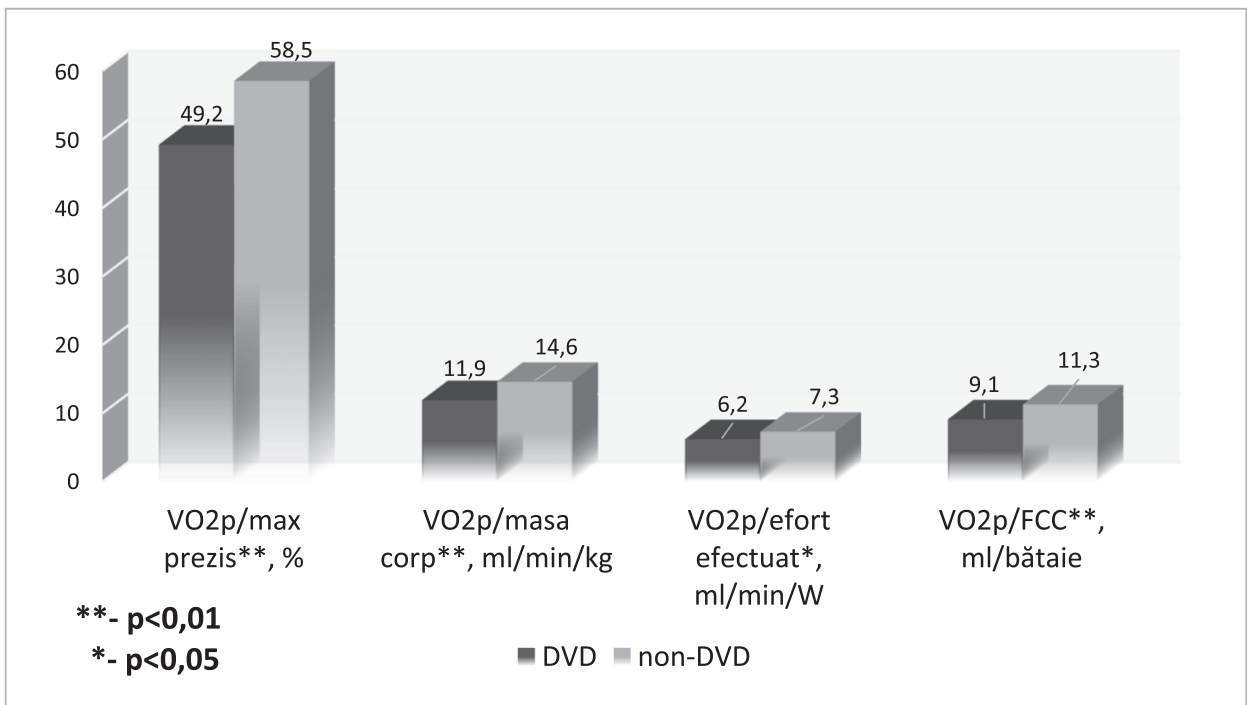


Figura 3. Consumul de oxigen raportat la valoarea maximă prezisă, masa corporală, sarcina de efort atinsă și frecvența cardiacă maximă la pacienții cu DVD în comparație cu cei fără DVD în timpul TECP efectuat la 3 luni după revascularizare miocardică.

Notă: DVD- disfuncția de ventricul drept, FCC- frecvența contracțiilor cardiace, TECP- test de efort cardiopulmonar, VO2- consum de oxigen, VO2p- consum de oxigen de vârf, VO2p/FCC- pulsul de oxigen.

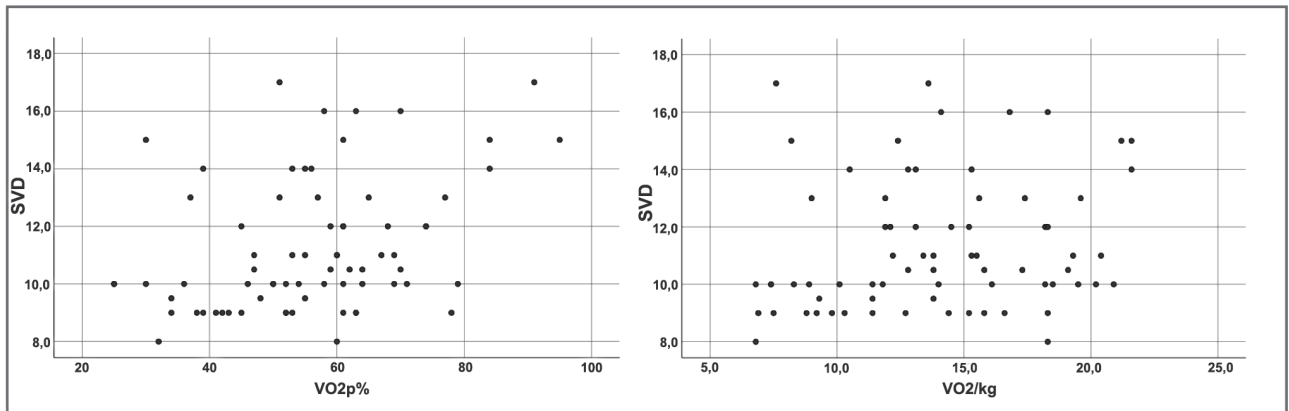


Figura 4. Corelarea consumului de oxigen de vârf și a vitezei sistolice la nivel lateral al inelului tricuspidian.

Notă: VO_{2p} – consumul de oxigen de vârf, VO_{2p}/kg – consumul de oxigen de vârf raportat la masa corporală, S'VD - viteza sistolică la nivel lateral al inelului tricuspidian.

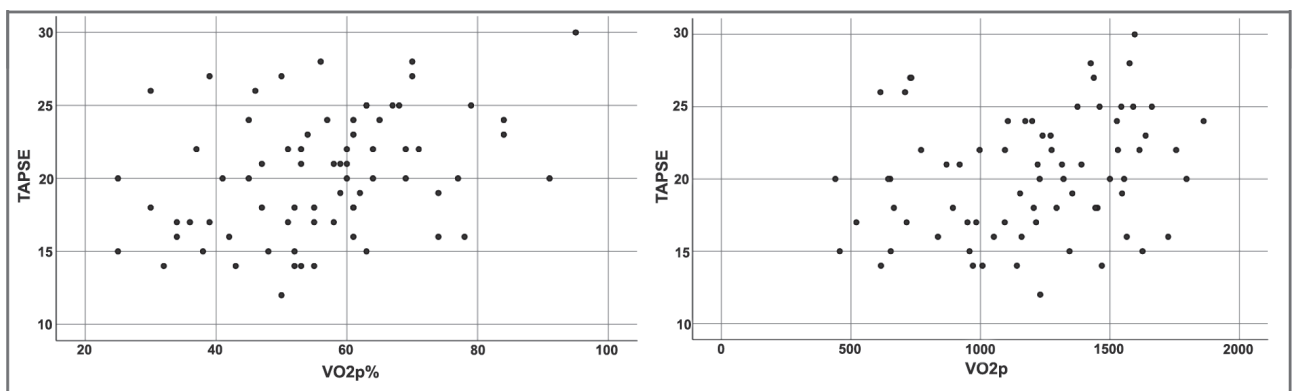


Figura 5. Corelarea consumului de oxigen de vârf și TAPSE.

Notă: VO_{2p} – consumul de oxigen de vârf, VO_{2p}/kg – consumul de oxigen de vârf raportat la masa corporală, TAPSE - excursia sistolică a planului inelului tricuspidian.

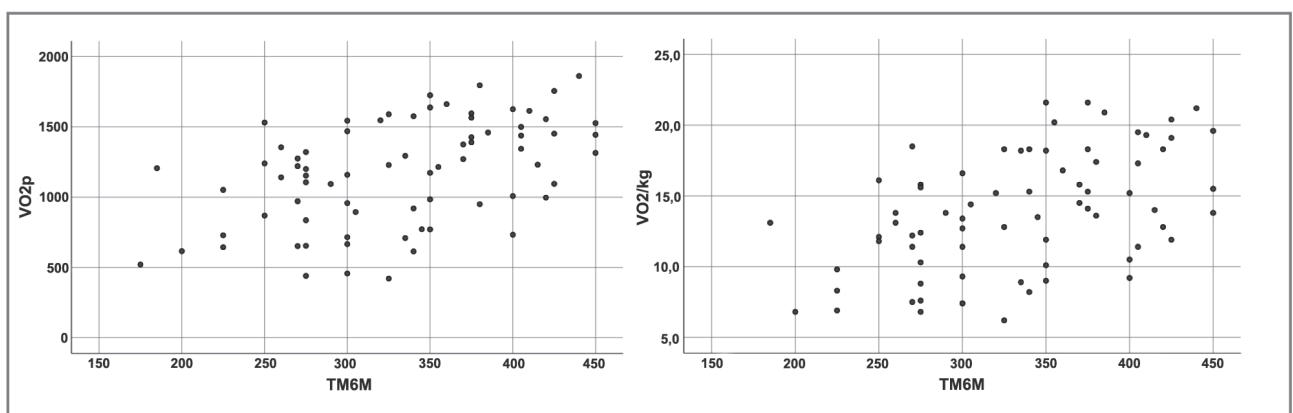


Figura 6. Corelarea consumului de oxigen de vârf apreciat în cadrul TECP și a distanței parcurse în timpul TM6M.

Notă: TECP - test de efort cardiopulmonar, TM6M – test de mers 6 minute, VO_{2p} – consumul de oxigen de vârf, VO_{2p}/kg – consumul de oxigen de vârf raportat la masa corporală

DVD - $413,9 \pm 95,3$ ml/min), $p < 0,05$. VO_2 de vârf (VO_{2p}) atins de către pacienții din Gr. DVD a fost de $1018,0 \pm 400,6$ ml/min în comparație cu cei din Gr. non-DVD la care VO_{2p} a constituit $1243,9 \pm 336,6$ ml/min, $p < 0,05$. (Fig. 2.)

Raportând VO_{2p} la valoarea maximă prezisă în funcție de vârstă, sex și masa corporală ($VO_{2p}\%$), am

obținut că pacienții cu DVD au atins $49,2 \pm 13,3\%$ din VO_{2max} prezis, pe când cei cu funcția VD nealterată - $58,5 \pm 15,0\%$, $p = 0,01$. De asemenea, VO_{2p} raportat la masa corporală (VO_{2p}/kg) a fost net inferior la pacienții cu DVD: $11,9 \pm 3,9$ ml/min/kg vs $14,6 \pm 4,1$ ml/min/kg, $p = 0,01$. Aceeași tendință s-a menținut și după extrapolarea VO_{2p} la sarcina maximă efectuată

(VO_{2p}/WR): $6,2 \pm 2,1$ ml/min/W vs $7,3 \pm 2,3$ ml/min/W, $p < 0,05$; în ambele grupuri capacitatea de efort fiind scăzută, însă în Gr. DVD reducerea acesteia a fost mai importantă. (Fig. 3.)

Pragul anaerob a fost atins la un VO_2 de $941,0 \pm 509,4$ ml/min sau la $45,3 \pm 21,5\%$ din VO_{2p} la pacienții cu DVD. Aceste valori au fost ne semnificativ mai mici în comparație cu bolnavii cu funcția VD neafectată, la care pragul anaerob a fost atins la un VO_2 de $1043,1 \pm 459,2$ ml/min sau la $49,3 \pm 21,2\%$. (Fig. 2.)

Pulsul de oxigen (VO_{2p} pulse), care este un marker surogat al volumului bătaie, a înregistrat valori mai scăzute la bolnavii cu DVD ($9,1 \pm 3,4$ ml/bătaie) în comparație cu cei fără DVD ($11,3 \pm 2,7$ ml/bătaie), $p = 0,01$.

Am analizat corelarea parametrilor care caracterizează funcția VD și VO_{2p} . Astfel, S' apreciat la nivel lateral al inelului tricuspidian a prezentat o relație de corelare moderată, pozitivă și statistic semnificativă cu $VO_{2p}\%$ ($r = 0,362$, $p < 0,01$) și o corelare mai slabă, dar importantă statistic cu VO_{2p} ($r = 0,264$, $p < 0,05$) și VO_{2p}/kg ($r = 0,171$, $p < 0,05$). (Fig. 4.)

O relație similară s-a evidențiat între TAPSE și VO_{2p} : o corelare moderată, pozitivă și importantă statistic cu $VO_{2p}\%$ ($r = 0,345$, $p < 0,01$) și o relație de corelare de intensitate mai redusă, dar semnificativă cu VO_{2p} ($r = 0,234$, $p < 0,05$) și VO_{2p}/kg ($r = 0,277$, $p = 0,01$). (Fig. 5.)

Ventilația-minut maximă înregistrată la bolnavii din Gr.-DVD a fost statistic semnificativ mai redusă, constituind $38,8 \pm 14,3$ l/min în comparație cu subiecții din Gr. non-DVD, la care ventilația minut determinată a fost $47,2 \pm 14,6$ l/min, $p < 0,05$. În acest mod, rezerva respiratorie a fost mai mare la pacienții cu DVD ($56,9 \pm 12,5$ l/min) spre deosebire de cei cu funcția VD normală ($48,7 \pm 18,2$ l/min), $p < 0,05$.

Capacitatea funcțională a fost apreciată în conformitate cu distanța parcursă în timpul TM6M. Distanța medie parcursă la TM6M de către pacienți la 3 luni după revascularizare miocardică a fost $331,4 \pm 67$ m. Bolnavii cu DVD au reușit să parcurgă o distanță ne semnificativ inferioară ($313,5 \pm 72$ m) spre deosebire de cei cu funcția VD normală ($338,1 \pm 65,5$ m).

Am remarcat o corelare moderată, pozitivă și statistic semnificativă dintre sarcina efectuată în timpul TECP și distanța parcursă în cadrul TM6M ($r = 0,397$, $p < 0,01$). În același timp, s-a evidențiat o relație de corelare moderată, pozitivă și importantă statistic dintre distanța parcursă la TM6M și VO_{2p} ($r = 0,486$, $p < 0,01$) și VO_{2p}/kg ($r = 0,497$, $p < 0,01$). (Fig. 6.) Corelarea dintre distanța parcursă la TM6M și $VO_{2p}\%$ a fost mai slabă, dar la fel statistic semnificativă ($r = 0,259$, $p < 0,05$).

Discuții

În cadrul cercetării noastre am observat că pacienții cu DVD în perioada precoce după revascularizare miocardică prin B/Pc sau PCI au avut o capacitate de efort mai redusă decât bolnavii cu funcția VD nealterată. Astfel, capacitatea de efort exprimată prin sarcina maximă efectuată în timpul TECP, dar, în special, prin VO_{2p} , $VO_{2p}\%$ și VO_{2p}/kg a fost mai scăzută la bolnavii cu DVD. Totodată, parametrii obținuți în cadrul TECP care caracterizează capacitatea de efort (VO_{2p} , $VO_{2p}\%$, VO_{2p}/kg) au demonstrat o relație de corelare pozitivă și semnificativă cu indicatorii ecocardiografici ai funcției VD (TAPSE, S' VD). Datele obținute în cercetarea noastră sunt în concordanță cu cele raportate de alți autori.

Kim și colab. au cercetat rolul DVD asupra toleranței la efort independent de funcția ventriculară stângă într-o cohortă de 2051 subiecți, 6% dintre care au avut disfuncție sistolică de VD. Ei au constatat că durata exercițiului la pacienții cu DVD a fost semnificativ mai mică decât la cei fără DVD ($6,7 \pm 2,8$ minute vs $7,9 \pm 2,9$ minute; $P < 0,001$). Totuși, reducerea capacității de efort la pacienții cu DVD raportată de Kim și colab. deși a fost semnificativă statistic, dar de amplitudine modestă (în medie cu doar un minut mai puțin în timpul etapei III a protocolului Bruce). FC maximă a fost cu 11 c/min mai mică la pacienții cu DVD (128 c/min față de 139 c/min; $P < 0,001$). [16].

Ohara et al. au investigat asocierea dintre funcția ventriculară dreaptă estimată prin TAPSE și capacitatea de efort exprimată prin pragul anaerob și VO_{2p} la pacienții cu IC cronică care au îndeplinit programul de reabilitare cardiacă. Autorii au demonstrat că afectarea funcției ventriculare drepte reprezentată de o valoare scăzută a TAPSE a fost asociată independent cu capacitatea redusă de efort, indicată de valori inferioare ale pragului anaerob și VO_{2p} . Totodată, în grupul de pacienți cu TAPSE scăzut la includerea în studiu, s-a observat o ameliorare semnificativă a capacității de efort după finalizarea programului de reabilitare cardiacă cu durata de 5 luni. [1].

Asocierea dintre DVD stabilită prin EcoCG 2D și 3D și capacitatea de efort a fost raportată și de Slijivic A et.al. Aceștia au determinat că valorile VPA VD și TAPSE au fost semnificativ scăzute la pacienții cu IC cu prognostic nefavorabil ($VO_{2p} \leq 15$ ml/kg/min și curba $VE/VCO_2 \geq 36$). Totodată, acești parametri au corelat pozitiv cu VO_{2p} , existând o corelație negativă semnificativă între TAPSE și curba VE/VCO_2 . Strain-ul longitudinal global al peretelui liber al VD a fost semnificativ scăzut în ambele subgrupuri de pacienți cu prognostic IC nefavorabil. Anume acest parametru a prezentat cea mai mare arie sub curba ROC. Strain-ul longitudinal global al peretelui liber al VD și frac-

ția de ejeție a VD determinate prin EcoCG 3D au corelat pozitiv cu VO_{2p} și negativ cu valorile curbei VE/VCO_2 . [17].

Legris V et al. au demonstrat că anume funcția VD și nu a VS a fost asociată cu capacitatea de efort într-un grup de 205 pacienți ambulatorii cu IC-FER. Astfel, VPA-VD și sexul feminin au fost asociate cu VO_{2p} ; iar IPM al VD și sexul feminin au fost singurii predictorii ai curbei VE/VCO_2 . În același timp, doar IPM VD și indicele masei corporale au fost asociate cu TM6M. Raportul TAPSE/PSAP a fost singurul parametru ecocardiografic asociat atât cu VO_{2p} apreciată prin TECP cât și cu distanța parcursă la TM6M. Totodată, raportul TAPSE/PSAP $\leq 0,45$ mm/mmHg prezice un $VO_{2p} \leq 14$ mL/kg/min [7].

Fossati și colab. au cercetat corelarea dintre DVD și capacitatea redusă de efort evaluată prin TM6M la 126 de pacienți vârstnici cu IC-FEp. În acest studiu, DVD a fost cuantificată prin raportul TAPSE/PSAP, care a corelat în mod independent și pozitiv cu distanța parcursă la TM6M. Totodată, TAPSE s-a dovedit a fi un predictor independent al distanței parcurse în timpul TM6M. [18].

Similar rezultatelor obținute de către noi, alți cercetători au raportat existența unei corelări importante între capacitatea de efort evaluată prin intermediul TECP și TM6M. Astfel, Leonor Meira et al. au determinat o corelare pozitivă între distanța parcursă în timpul TM6M pe de o parte și VO_{2p} și sarcina de efort maximă efectuată în timpul TECP pe de altă parte într-o cohortă de pacienți candidați pentru transplant pulmonar care erau înscriși într-un program de reabilitare. [19]. Zhang Q. și colab au observat o corelație puternică între distanța parcursă la TM6M și VO_{2p} într-un grup de 46 de subiecți vârstnici chinezi. Acest fapt demonstrează că distanța parcursă în timpul TM6M este un parametru fiabil, care prezice toleranța la efort sau nivelul de fitness cardiopulmonar. [8].

Concluzii

Capacitatea de efort a fost semnificativ inferioară la pacienții cu DVD în comparație cu bolnavii cu funcția VD nealterată la 3 luni după revascularizare miocardică prin by-pass coronarian sau angioplastie coronariană percutană.

Sarcina maximă de efort efectuată în timpul TECP a fost semnificativ mai mică la pacienții cu DVD. Consumul de oxigen de vârf în valoare absolută, dar și raportat la efortul fizic efectuat, masa corporală și la valoarea VO_2 maximă prezisă (în funcție de vârstă, sex, masă corporală) au înregistrat valori inferioare la bolnavii cu DVD la 3 luni după revascularizare miocardică. Totodată, parametrii care caracterizează funcția VD: S' apreciat la nivel lateral al inelului tri-

cuspidian și TAPSE au prezentat o corelare pozitivă și semnificativă statistic cu VO_{2p} în valoare absolută, dar și raportat la masa corporală și la valoarea VO_2 maximă prezisă.

Distanța parcursă în cadrul TM6M a fost nesemnificativ mai redusă la pacienții cu DVD decât la bolnavii cu funcția VD păstrată. Însă, s-a determinat o corelare moderată, pozitivă și statistic semnificativă dintre distanța parcursă la TM6M și consumul de oxigen de vârf apreciat în timpul TECP.

Bibliografie

- Ohara K., Teruhiko I., Hiroyuki I. *Association between Right Ventricular Function and Exercise Capacity in Patients with Chronic Heart Failure*. J. Clin. Med. 2022, 11, 1066.
- Miller T. D., Anavekar N. *Right Ventricle and Exercise Capacity More Than a Passive Conduit*. Circ Cardiovasc Imaging. 2016;9:e005703
- Del Buono M. G., Arena R, Borlaug B. A., Carbone S., Canada J. M., Kirkman D. L., Garten R. et al. *Exercise Intolerance in Patients With Heart Failure*. JACC, V ol . 73, No. 17, 2019:2209-25
- Santoro C., Sorrentino R., Esposito R., Lembo M, Capone V., et al. *Cardiopulmonary exercise testing and echocardiographic exam: an useful interaction*. Santoro et al. Cardiovascular Ultrasound (2019) 17:29 <https://doi.org/10.1186/s12947-019-0180-0>
- Alba A. C., Adamson M., MacIsaac J., Lalonde S., Wai S. Chan, et al. *The Added Value of Exercise Variables in Heart Failure Prognosis Author links open overlay panel*. Journal of Cardiac Failure. Volume 22, Issue 7, July 2016, Pages 492-49
- Kinoshita M., Katsuji Inoue, Haruhiko Higashi, Yusuke Akazawa, et al. *Impact of right ventricular contractile reserve during low-load exercise on exercise intolerance in heart failure*. ESC Heart Fail. 2020 Dec; 7(6): 3810–3820. doi: 10.1002/ehf2.12968
- Legris V., Thibault B., Dupuis J., WhiteM., Asgar A., Fortier A., et. al. *Right ventricular function and its coupling to pulmonary circulation predicts exercise tolerance in systolic heart failure*. ESC Heart Failure 2022; 9: 450–464
- Zhang Q., Hailin L., Shiqin Pan, Yuan Lin, Kun Zhou and Li Wang. *6MWT Performance and its Correlations with VO_2 and Handgrip Strength in Home-Dwelling Mid-Aged and Older Chinese* Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 14, 473; doi:10.3390/ijerph14050473
- Solway S., Brooks D., Lacasse Y., Thomas S. *A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain*. Chest. 2001;119(1):256–70
- Thomas M. G., Dirk J. van Veldhuisen, Bauersachs J., et.al. *Right heart dysfunction and failure in heart failure with preserved ejection fraction: mechanisms and management. Position statement on behalf of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology*. European Journal of Heart Failure (2018) 20, 16–37

11. Wanner P. M. and Filipovic M. *The Right Ventricle—You May Forget It, But It Will Not Forget You*. J. Clin. Med. 2020, 9, 432.
12. Sumin A., Shcheglova A., Korok E. and Sergeeva T. *Indicators of the Right Ventricle Systolic and Diastolic Function 18 Months after Coronary Bypass Surgery*. J. Clin. Med. 2022, 11, 3994.
13. Elserafy A., Nabil A., Ramzy A., Abdelmenem M. *Right ventricular function in patients presenting with non-ST-segment elevation myocardial infarction undergoing an invasive approach*. The Egyptian Heart Journal, 2018; 70:149–153.
14. Chimed S., Pieter van der Bijl, Lustosa R. *Prognostic Relevance of Right Ventricular Remodeling after ST-Segment Elevation Myocardial Infarction in Patients Treated With Primary Percutaneous Coronary Intervention*. Am. J. Cardiol. 2022; 170:1–9.
15. Kinoshita M., Katsuji Inoue, Haruhiko Higashi, Yusuke Akazawa, et al. *Impact of right ventricular contractile reserve during low-load exercise on exercise intolerance in heart failure*. ESC Heart Fail. 2020 Dec; 7(6): 3810–3820. doi: 10.1002/ehf2.12968.
16. Kim J., Di Franco A., Seoane T., Srinivasan A., Kampaktsis P.N., et. al. *Right ventricular dysfunction impairs effort tolerance independent of left ventricular function among patients undergoing exercise stress myocardial perfusion imaging*. Circ Cardiovasc Imaging. 2016; 9:e005115. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.116.005115.
17. Sljivic A., Pavlovic Kleut M., Bukumiric Z., Celic V. *Association between right ventricle two- and three-dimensional echocardiography and exercise capacity in patients with reduced left ventricular ejection fraction*. PLoS ONE 13(6): 2018: e0199439. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199439>.
18. Fossati C., D’Antoni V., Murugesan J., Fortuna D., Selli S., et al. *Ventricular Dysfunction is related with Poor Exercise Tolerance in Elderly Patients with Heart Failure with Preserved Ejection Fraction*. J Nov Physiother Phys Rehabil 4(1): 2017:021-026. DOI: <http://doi.org/10.17352/2455-5487.000041>.
19. Meira L., Damas C., Martins P., Gaspar L., Araújo E., Eusébio E., Gomes I. *Relationship between 6MWT distance and VO₂max and Wmax in lung transplant candidates undergoing pulmonary rehabilitation* European Respiratory Jourl 2015 46: PA750; DOI: 10.1183/13993003.congress-2015.PA750.