



GDAŃSKI UNIWERSYTET MEDYCZNY

lek. Dorota Smolarek

**Echokardiograficzna ocena funkcji skurczowej prawej komory
serca oraz jej zmian za pomocą klasycznych parametrów
i metody śledzenia markerów akustycznych
u pacjentów z niedokrwioną dysfunkcją lewej komory serca**

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych

Gdańsk 2019

Wydano za zgodą

Dziekan Wydziału Lekarskiego

Pracę zrealizowano w

Oddziale Kardiologii Szpitala św. Wojciecha w Gdańsku,
Copernicus Podmiot Leczniczy
Ordynator oddziału: lek. Włodzimierz Krasowski

Promotor:

dr hab. med. Wojciech Sobiczewski

Kierownik Kliniki: prof. dr hab. med. Marcin Gruchała

Chciałabym podziękować tym wszystkim, bez pomocy których praca ta nie mogłaby powstać.

Pragnę podziękować mojemu promotorowi dr hab. med. Wojciechowi Sobiczewskiemu
za wiarę w moje siły i umiejętności oraz nieustanną motywację do pracy;
prof. nadzw. dr hab. Marcinowi Fijałkowskiemu za umożliwienie wykonywania analiz
echokardiograficznych w Oddziale Szybkiej Diagnostyki Kardiologicznej UCK oraz ogromną
życzliwość i nieocenione merytoryczne wsparcie, na które zawsze mogłam liczyć.

Dziękuję mojemu szefowi, ordynatorowi Oddziału Kardiologii Szpitala św. Wojciecha
lek. Włodzimierzowi Krasowskiemu, za wprowadzenie mnie w fascynujący świat kardiologii
i dzielenie się swoim ogromnym doświadczeniem zawodowym oraz wsparcie w działalności
naukowej na oddziale; Koleżankom i Kolegom ze szpitala, lekarzom i technikom,
za bezinteresowną pomoc i istotny udział w powstaniu tej pracy.

Szczególne słowa podziękowania kieruję do Rodziny- przede wszystkim Męża i Dzieci
za wyrozumiałość i wsparcie oraz Rodziców i Teściów za opiekę nad rodziną podczas mojej
aktywności naukowej.

Spis treści

WYKAZ UŻYWANYCH SKRÓTÓW	5
1. WSTĘP	8
1.1. Anatomia i fizjologia prawej komory serca	8
1.2. Współzależność komorowa i jej znaczenie w pracy prawej komory serca	11
1.3. Funkcja prawej komory serca u pacjentów z obniżoną kurczliwością lewej komory serca	13
1.4. Funkcja prawej komory serca u pacjentów z ostrym zespołem wieńcowym	14
1.4.1. Zajęcie prawej komory w STEMI ściany dolnej	14
1.4.2. Zajęcie prawej komory w pozostałych ostrych zespołach wieńcowych	15
1.5. Echokardiograficzna ocena budowy i funkcji prawej komory serca	16
1.5.1. Amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego (TAPSE)	18
1.5.2. Skurczowa prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego (S')	19
1.5.3. Wskaźnik sprawności prawej komory (RIMP)	20
1.5.4. Zmiana pola powierzchni prawej komory (FAC)	21
1.5.5. Przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego (IVA)	22
1.5.6. Frakcja wyrzutowa prawej komory oznaczana przy użyciu echokardiografii trójwymiarowej (RV 3D EF)	22
1.5.7. Echokardiograficzna technika śledzenia markerów akustycznych (STE)	23
2. CELE PRACY	28
3. MATERIAŁY I METODY BADAWCZE	29
3.1. Aspekty formalno- prawne	29
3.2. Kryteria włączenia do badania	29
3.3. Kryteria wyłączenia	32
3.4. Protokół badania	33
3.4.1. Wywiad lekarski i badanie przedmiotowe	34
3.4.2. Badania laboratoryjne	36
3.4.3. EKG	36
3.4.4. Koronarografia i angioplastyka wieńcowa	37
3.4.5. Badanie echokardiograficzne przy użyciu technik klasycznych	38
3.4.6. Badanie echokardiograficzne przy pomocy techniki śledzenia markerów akustycznych	40
3.4.7. Obliczenia statystyczne	41

4. WYNIKI	42
4.1. Charakterystyka kliniczna i echokardiograficzna grupy badanej	42
4.2. Korelacje parametrów funkcji skurczowej prawej komory serca	45
4.3. Porównanie cech klinicznych i echokardiograficznych u pacjentów z prawidłowym i nieprawidłowym odkształceniem podłużnym prawej komory serca	49
4.4. Pomiar odkształcenia podłużnego prawej komory serca a pozostałe parametry	51
4.5. Porównanie podgrupy badanej i kontrolnej w zakresie parametrów klinicznych i echokardiograficznych	52
4.6. Analiza parametrów klinicznych i echokardiograficznych oraz ich zmian w podgrupie badanej	54
4.7. Analiza zmian parametrów echokardiograficznych w podgrupie kontrolnej	59
4.8. Ocena wybranych parametrów echokardiograficznych i laboratoryjnych w zależności od tętnicy poddanej angioplastyce wieńcowej	60
4.9. Ocena zmian funkcji skurczowej prawej komory serca w zależności od tętnicy odpowiedzialnej za niedokrwienie	62
5. DYSKUSJA	64
5.1. Charakterystyka kliniczna i echokardiograficzna grupy badanej	64
5.2. Korelacje parametrów funkcji skurczowej prawej komory serca	68
5.3. Porównanie cech klinicznych i echokardiograficznych u pacjentów z prawidłowym i nieprawidłowym odkształceniem podłużnym prawej komory serca	71
5.4. Pomiar odkształcenia podłużnego prawej komory serca a pozostałe parametry	73
5.5. Porównanie podgrupy badanej i kontrolnej w zakresie parametrów klinicznych i echokardiograficznych	76
5.6. Analiza parametrów klinicznych i echokardiograficznych oraz ich zmian w podgrupie badanej	78
5.7. Analiza zmian parametrów echokardiograficznych w podgrupie kontrolnej	82
5.8. Ocena wybranych parametrów echokardiograficznych i laboratoryjnych w zależności od tętnicy poddanej angioplastyce wieńcowej	83
5.9. Ocena zmian funkcji skurczowej prawej komory serca w zależności od tętnicy odpowiedzialnej za niedokrwienie	86
6. WNIOSKI	88
7. STRESZCZENIE	89
8. SUMMARY	95
9. SPIS STOSOWANEGO PIŚMIENNICTWA	100
10. SPIS TABEL	107
11. SPIS RYCIN	108
12. SPIS WZORÓW	109

WYKAZ UŻYWANYCH SKRÓTÓW

(używano skrótów zalecanych przez Sekcję Echokardiografii Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego oraz modyfikacji własnych)

2D STE (ang. *two- dimensional speckle tracking echocardiography*) technika śledzenia markerów akustycznych przy użyciu echokardiografii dwuwymiarowej

3D STE (ang. *three- dimensional speckle tracking echocardiography*) technika śledzenia markerów akustycznych przy użyciu echokardiografii trójwymiarowej

ACEI inhibitory enzymu konwertującego angiotensyny

AcT (ang. *acceleration time*) czas akceleracji przepływu przez zastawkę tętnicy płucnej

ARB antagoniści receptora dla angiotensyny

ASE (ang. *American Society of Echocardiography*) Amerykańskie Towarzystwo Echokardiograficzne

AVC (ang. *aortic valve closure*) czas zamknięcia zastawki aortalnej

BMI (ang. *body mass index*) wskaźnik masy ciała

CABG (ang. *coronary artery bypass graft*) pomostowanie aortalno- wieńcowe

CAD (ang. *coronary artery disease*) choroba niedokrwienna serca

CMR (ang. *cardiac magnetic resonance*) rezonans magnetyczny serca

Cx (ang. *circumflex artery*) gałąź okalająca lewej tętnicy wieńcowej

E prędkość szczytowa fali napływu mitralnego we wczesnej fazie napełniania lewej komory

e' wczesnorozkurczowa prędkość pierścienia mitralnego

EDA (ang. *end- diastolic area*) powierzchnia końcoworozkurczowa prawej komory

ESA (ang. *end- systolic area*) powierzchnia końcowoskurczowa prawej komory

ET (ang. *ejection time*) czas wyrzutu krwi przez prawą komorę

EACVI (ang. *European Association of Cardiovascular Imaging*) Europejska Asocjacja Obrazowania Układu Krążenia

EKG badanie elektrokardiograficzne

FAC (ang. *fractional area change*) zmiana pola powierzchni prawej komory

FPS (ang. *frames per second*) liczba klatek obrazu na sekundę

HA (łac. *hypertension arterialis*) nadciśnienie tętnicze

HF (ang. *heart failure*) niewydolność serca

HFrEF (ang. *heart failure with reduced ejection fraction*) niewydolnością serca z obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory

HR (ang. *heart rate*) częstość akcji serca

ICD (ang. *implantable cardioverter- defibrillator*) wszczepialny kardiowerter-defibrylator

IVA (ang. *isovolumic acceleration*) przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego

IVCT (ang. *isovolumic contraction time*) czas skurczu izowolumetrycznego

IVRT (ang. *isovolumic relaxation time*) czas rozkurczu izowolumetrycznego

IVS (ang. *interventricular septum*) przegroda międzykomorowa

LAD (ang. *left anterior descending artery*) gałąź przednia zstępująca

LBbB (ang. *left bundle branch block*) blok lewej odnogi pęczka Hisa

LCA (ang. *left coronary artery*) lewa tętnica wieńcowa

LV (ang. *left ventricle*) lewa komora serca

LVEF (ang. *left ventricular ejection fraction*) frakcja wyrzutowa lewej komory

LVEDd (ang. *left ventricular end- diastolic diameter*) wymiar końcoworozkurczowy lewej komory

LVESd (ang. *left ventricular end- systolic diameter*) wymiar końcowoskurczowy lewej komory

MI (ang. *myocardial infarction*) zawał serca

NSTEMI (ang. *non- ST- elevation myocardial infarction*) zawał serca bez uniesienia odcinka ST

OZW ostry zespół wieńcowy

PCI (ang. *percutaneous coronary intervention*) przezskórna interwencja wieńcowa

PW (ang. *pulsed wave Doppler*) dopler fali pulsacyjnej

RBBB (ang. *right bundle branch block*) blok prawej odnogi pęczka Hisa

RCA (ang. *right coronary artery*) prawa tętnica wieńcowa

RIMP (ang. *right ventricular index of myocardial performance*) wskaźnik sprawności prawej komory

ROI (ang. *region of interest*) region zainteresowania

RV (ang. *right ventricle*) prawa komora serca

RV 3D EF (ang. *three-dimensional right ventricular ejection fraction*) frakcja wyrzutowa prawej komory oznaczana przy użyciu echokardiografii trójwymiarowej

RV4CSL (ang. *right ventricular four-chamber longitudinal strain*) odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory, 1- obliczane jako średnia arytmetyczna wartości odkształcenia 6 segmentów, 2- obliczane automatycznie przez oprogramowanie

RVFWSL (ang. *right ventricular free- wall longitudinal strain*) odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; *basal*- segmentu podstawnego, *mid*- segmentu środkowego, *apical*- segmentu koniuszkowego wolnej ściany prawej komory

RVIT (ang. *right ventricular inflow tract*) wymiar prawej komory w drodze napływu

RVSepSL (ang. *right ventricular septal longitudinal strain*) odkształcenie podłużne przegrody międzykomorowej

S' (ang. *tissue Doppler imaging- derived tricuspid lateral annular systolic velocity*) skurczowa prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego

Skala CCS (ang. *Canadian Cardiovascular Society*) czterostopniowa skala zaawansowania dławicy piersiowej opracowana przez Kanadyjskie Towarzystwo Kardiologiczne

Skala NYHA (ang. *New York Heart Association*) skala zaproponowana przez Nowojorskie Towarzystwo Kardiologiczne do oceny nasilenia objawów niewydolności serca

STE (ang. *speckle tracking echocardiography*) echokardiograficzna technika śledzenia markerów akustycznych

STEMI (ang. *ST- segment elevation myocardial infarction*) zawał serca z uniesieniem odcinka ST

TAPSE (ang. *tricuspid annular plane systolic excursion*) amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego

TCO (ang. *tricuspid closure- to opening time*) czas trwania niedomykalności trójdzielnej

TDE (ang. *tissue Doppler echocardiography*)/ TDI (ang. *tissue Doppler imaging*) doplerowska echokardiografia tkankowa

TnT wartość troponiny T

1. WSTĘP

1.1. ANATOMIA I FIZJOLOGIA PRAWEJ KOMORY SERCA

Prawa komora (RV ang. *right ventricle*) jest jamą serca położoną najbardziej z przodu, tuż za mostkiem. Charakteryzuje się skomplikowaną budową i w przekroju poprzecznym kształtem przypomina półksiężyc otaczający lewą komorę (LV ang. *left ventricle*) (rycina nr 1). W jej strukturze wyróżniamy część napływową (zawierającą aparat zastawki trójdzielnej), mięśniową (beleczkową) oraz odpływową (stożek), która prowadzi do zastawki płucnej. Mięśnie brodawkowate przytrzymujące zastawkę trójdzielną składają się z dużego pojedynczego mięśnia przedniego przymocowanego do przedniej ściany RV, oraz kilku małych mięśni tylnych i przegrodowych, co stanowi jedną z cech odróżniających ją od LV, w której wyróżniamy jedynie dwa mięśnie brodawkowate. Droga napływu i odpływu RV oddzielone są następującymi wiązkami mięśniowymi: wiązką pośrednią, będącą przedłużeniem mięśnia brodawkowatego przedniego, wiązką przegrodową, wiązką ścienną oraz odpływowym segmentem przegrody międzykomorowej (IVS ang. *interventricular septum*). Dwa ostatnie elementy tworzą tzw. grzebień nadkomorowy (ang. *crista supraventricularis*). W budowie RV możemy wyróżnić następujące ściany: przednią, dolną oraz boczną (zwaną wolną ścianą RV), a każdą z nich dzielimy na trzy segmenty: podstawny, środkowy i koniuszkowy.

Kolejną odmiennością w stosunku do LV jest inna budowa mięśniówki. W 2001 r. Waldo wykazał, że komórki mięśniowe RV wywodzą się z innego obszaru niż w LV- z tzw. wtórnego pola sercowego zarodka ¹. W budowie ściany LV dominuje warstwa środkowa włókien mięśniowych (okrężna), a RV warstwa wewnętrzna (podłużna), co przekłada się na różną motorykę skurczu obu komór, która w przypadku RV jest porównywana do fali perystaltycznej. Nie wszystkie części RV kurczą się jednocześnie- różnica w czasie między skurczem części napływowej i stożka wynosi ok. 25-50 ms ². Ponadto skurcz części odpływowej trwa dłużej ².

Skurcz RV jest zjawiskiem złożonym i przebiega w trzech różnych mechanizmach:

- skurcz wolnej ściany do środka
- skurcz włókien podłużnych powodujący przemieszczenie zastawki trójdzielnej w kierunku koniuszka

- efekt pociągania wolnej ściany w miejscach połączenia z IVS podczas skurczu LV ³.

Podstawowym zadaniem RV jest oczywiście odbiór krwi z żył systemowych i przepompowanie jej do łożyska płucnego. W warunkach fizjologicznych RV jest cienkościenna i pracuje w środowisku niskociśnieniowym. Osiąga ona tę samą wartość rzutu skurczowego co LV, przy dużo mniejszym wydatku energetycznym stanowiącym jedynie 25% wydatku LV. RV jest dobrze zaadaptowana do zwiększonego obciążenia wstępnego (wzrostu powrotu żylnego). Z kolei jest słabo przygotowana na gwałtowny wzrost obciążenia następczego (np. zator tętnicy płucnej). Ta cienkościenna jama nie jest w stanie utrzymać wystarczającego rzutu skurczowego w razie nagłego wzrostu średniego ciśnienia w tętnicy płucnej. Odmierna sytuacja występuje przy stopniowym narastaniu ciśnień i oporów w krążeniu płucnym. Wówczas uruchamiane są mechanizmy adaptacyjne, ściana RV przerasta, co pozwala na utrzymanie dostatecznego rzutu skurczowego.

Zakres unaczynienia RV jest zależny od dominacji tętnic wieńcowych. W przypadku dominacji prawej tętnicy wieńcowej (RCA ang. *right coronary artery*) występującej u około 80% populacji, zaopatruje ona większość mięśnia RV ^{2,4}. Boczna ściana RV unaczyniona jest przez gałęzie marginalne odchodzące bezpośrednio od RCA, a ściana dolna i część dolno-przegrodowa przez gałąź tylną zstępującą. Jedynie ściana przednia RV oraz przednia część IVS zaopatrywana jest przez gałąź przednią zstępującą (LAD ang. *left anterior descending artery*) odchodzącą od lewej tętnicy wieńcowej (LCA ang. *left coronary artery*). Część odpływowa RV jest z kolei unaczyniona przez gałąź stożka odchodzącą od proksymalnego segmentu RCA lub rzadziej z osobnego ujścia.

W stanie zdrowia RV zaopatrywana jest w krew zarówno w skurczu, jak i rozkurczu ⁵. Ma ona rozbudowany system tętnic łączących (głównie przez gałąź unaczyniającą wiązkę pośrednią odchodzącą od pierwszej gałęzi przegrodowej LAD), a także, z uwagi na cieńszą ścianę i mniejsze ciśnienie wewnątrzkomorowe, możliwa jest w jej przypadku bezpośrednia dyfuzja tlenu z jamy komory ^{2,5-7}. Te wszystkie czynniki, w połączeniu z mniejszym zapotrzebowaniem na tlen dzięki niskim oporom krążeniu płucnym, sprawiają że RV jest mniej podatna na niedotlenienie niż LV, a jej funkcja po epizodzie niedokrwienia szybciej ulega normalizacji.

Rycina 1. Przekrój poprzeczny serca w odległości około 3 cm od koniuszka serca. Dzięki uprzejmości lek. Pawła Jabłońskiego i dr. n. med. Artura Antolaka z Zakładu Patomorfologii Szpitala św. Wojciecha w Gdańsku, Copernicus Podmiot Lecznicy.



1.2. WSPÓŁZALEŻNOŚĆ KOMOROWA I JEJ ZNACZENIE W PRACY PRAWEJ KOMORY SERCA

Współzależność komorowa opisuje wpływ jaki jedna komora serca ma na kształt, wielkość oraz podatność drugiej komory poprzez bezpośrednie mechaniczne oddziaływanie, niezależnie od czynników humoralnych czy neurogennych ^{8,9}.

Zjawisko to wynika ze wspólnej dla obu komór IVS, efektu ograniczającego nierozciągliwego osierdzia oraz połączeń włókien mięśniowych ^{10,11}. W 2006 roku Ho i Nihoyannopoulos dokładnie opisali budowę mięśniówki komór ¹². Włókna mięśniowe warstwy subepikardialnej RV, które są ułożone okrężnie, równoległe do rowka przedsionkowo-komorowego, zbliżając się do koniuszka serca przyjmują skośną orientację i przechodzą w warstwę powierzchowną włókien LV tworząc swoiste kontinuum morfologiczne oraz czynnościowe. Tłumaczy to występowanie efektu pociągania wolnej ściany RV w miejscach połączeń z IVS podczas skurczu LV. Mechanizm ten ma szczególne znaczenie przy niedokrwieniu wolnej ściany RV, kiedy to rzut skurczowy RV jest praktycznie uzależniony od funkcji IVS ¹³.

Mimo, iż przyjmuje się, że IVS jest częścią LV, badania naukowe potwierdzają istotną jej rolę w pracy RV i pokazują, iż około 20 - 40% objętości wyrzutowej i ciśnienia skurczowego RV wynika ze skurczu prawidłowo funkcjonującej IVS ^{9,14,15}.

Kolejnym ważnym aspektem jest rozkurczowa współzależność komorowa, której znaczenie było podkreślane w licznych pracach naukowych już począwszy od lat 60. ubiegłego stulecia ^{8,9,16-18}. W stanach ostrych przebiegających ze wzrostem zarówno obciążenia wstępnego, jak i następczego RV, dochodzi do przesunięcia IVS w stronę lewą i zmiany geometrii lewej komory (typowy „objaw litery D” widoczny w echokardiografii w projekcji przymostkowej w osi krótkiej). W efekcie prowadzi to do wzrostu końcoworozkurczowego ciśnienia w LV, upośledzonego jej napełniania, a czasem zmniejszenia rzutu serca ¹⁹. Przyczynia się do tego również pojawienie się paradoksalnego ruchu IVS, który może obniżać efektywność skurczu LV ²⁰. Analogicznie, gdy rośnie ciśnienie i objętość końcoworozkurczowa w LV, dochodzi do przesunięcia IVS na stronę prawą oraz zmniejszenia wymiaru RV i podwyższenia jej ciśnienia końcoworozkurczowego ^{9,16}.

Współzależność komorowa jest obecna przez cały czas pracy serca. To znaczy, że zawsze część ciśnienia końcoworozkurczowego jednej komory wynika ze stopnia wypełnienia drugiej. Niemniej jednak oddziaływanie obu komór jest najlepiej widoczne, gdy dochodzi do zmian ich obciążenia. Wdech powoduje wzrost objętości RV oraz spadek objętości LV, a wydech z kolei skutkuje spadkiem zarówno objętości RV, jak i LV ²¹. Przy zmianie pozycji na stojącą obserwuje się spadek powrotu żylnego oraz wypełnienia RV, co skutkuje wzrostem podatności LV i łatwiejszym jej napełnianiem. Po kilku skurczach serca dochodzi do stopniowego spadku wypełnienia LV i wzrostu podatności RV wraz ze wzrostem powrotu żylnego do RV ⁹. Mechanizm ten stanowi „wentyl bezpieczeństwa” dla utrzymania rzutu LV i RV przy zmieniających się warunkach hemodynamicznych.

1.3. FUNKCJA PRAWEJ KOMORY SERCA U PACJENTÓW Z OBNIŻONĄ KURCZLIWOŚCIĄ LEWEJ KOMORY SERCA

Przez długi czas nie doceniano znaczenia RV w prawidłowym funkcjonowaniu układu sercowo-naczyniowego i zaniedbywano ocenę jej funkcji, traktując ją jako bierne połączenie między krążeniem płucnym i systemowym. W literaturze opisywana była wręcz jako „zapomniana komora”²²⁻²⁷. Obecnie nie ma wątpliwości, że pełni ona ważną rolę w ocenie przebiegu chorób układu krążenia. Istotna wartość prognostyczna funkcji RV podnoszona jest w pracach dotyczących przewlekłej niewydolności serca (HF ang. *heart failure*), choroby niedokrwiennej serca (CAD ang. *coronary artery disease*), kardiomiopatii, tętniczego nadciśnienia płucnego oraz wrodzonych wad serca²⁸⁻³⁴.

Jak wspomniano wcześniej, zjawisko współzależności komorowej często skutkuje we współistnieniu dysfunkcji obu komór. Występowanie upośledzonej czynności RV szacowanej przy pomocy amplitudy ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego (TAPSE ang. *tricuspid annular plane systolic excursion*) jest częste w populacji pacjentów z niewydolnością serca z obniżoną frakcją wyrzutową LV (HFrEF ang. *heart failure with reduced ejection fraction*) i opisywane nawet w 35- 50% przypadków³⁵⁻³⁸. Co więcej częstość ta może być jeszcze większa przy zastosowaniu bardziej czułej metody do wykrywania dysfunkcji RV jaką jest echokardiograficzna technika śledzenia markerów akustycznych (STE ang. *speckle tracking echocardiography*)³⁹⁻⁴¹. Wykrywanie zaburzeń funkcji RV jest niezwykle istotne, gdyż ma to udowodnione znaczenie prognostyczne. Upośledzona czynność RV, stwierdzana zarówno w echokardiografii, jak i rezonansie magnetycznym serca (CMR ang. *cardiac magnetic resonance*), znacząco pogarsza rokowanie u pacjentów z obniżoną frakcją wyrzutową LV (LVEF ang. *left ventricular ejection fraction*) po zawale serca (MI ang. *myocardial infarction*)⁴²⁻⁴⁵. Również u chorych z przewlekłą, stabilną HF należy dokładnie oceniać prawe jamy serca, gdyż ma to znaczenie w stratyfikacji ryzyka sercowo- naczyniowego.

1.4. FUNKCJA PRAWEJ KOMORY SERCA U PACJENTÓW Z OSTRYM ZESPOŁEM WIEŃCOWYM

Dysfunkcja RV towarzysząca ostrym zespołom wieńcowym (OZW) jest czynnikiem obciążającym rokowanie wczesne i odległe. Dotyczy to zarówno MI z uniesieniem odcinka ST (STEMI, ang. *ST-segment elevation myocardial infarction*), jak i bez uniesienia odcinka ST (NSTEMI ang. *non-ST-elevation myocardial infarction*), a także z towarzyszącym lub bez towarzyszącego niedokrwienia RV. Zaburzenia funkcji RV występujące w OZW wiążą się z pogorszeniem rokowania wyrażonym zwiększeniem śmiertelności oraz częstości groźnych powikłań, takich jak: zaawansowane zaburzenia przewodzenia przedsionkowo-komorowego, zagrażające życiu komorowe zaburzenia rytmu serca (RV jest bardziej arytmogenna niż LV), wstrząs kardiogeny oraz mechaniczne powikłania MI ^{42,46-52}.

1.4.1. Zajęcie prawej komory w STEMI ściany dolnej

MI RV najczęściej towarzyszy STEMI ściany dolnej z uwagi na podobne unaczynienie od RCA. Zgodnie z obecnie obowiązującymi wytycznymi do kryteriów elektrokardiograficznych rozpoznania MI RV należy uniesienie odcinka ST o ≥ 1 mm w odprowadzeniach aVR, V1 i/lub prawokomorowych odprowadzeniach przedsercowych (V3R i V4R), które powinny być rejestrowane rutynowo u pacjentów ze STEMI ściany dolnej ⁵³. W codziennej praktyce do rozpoznania MI RV, z uwagi na łatwą dostępność, wykorzystuje się najczęściej echokardiografię, ale funkcję RV można również dobrze ocenić metodą CMR ⁵⁴.

Z uwagi na opisywane wcześniej mechanizmy ochronne wynikające z unikatowej budowy i fizjologii RV, powrót jej funkcji skurczowej po epizodzie niedokrwienia następuje dość szybko- po kilku tygodniach lub miesiącach od MI ^{55,56}.

1.4.2. Zajęcie prawej komory w pozostałych ostrych zespołach wieńcowych

W przeciwieństwie do MI RV współistniejącego z MI ściany dolnej, częstość występowania i znaczenie dysfunkcji RV w przebiegu pozostałych OZW jest przedmiotem badań od niedawna.

Do zajęcia RV może dojść w konsekwencji występowania współzależności komorowej opisywanej wcześniej. Ponadto, z uwagi na unaczynienie ściany przedniej RV, do jej niedokrwienia może dojść w przypadku OZW z dorzecza LAD.

Huttin i wsp. w badaniu oceniającym chorych z MI potwierdzili, że dysfunkcja RV może wystąpić niezależnie od lokalizacji MI ⁵⁷. Mimo iż pogorszenie funkcji RV może pojawić się w każdym OZW to, jak wcześniej nadmieniano, mechanizmy do niej prowadzące mogą być odmienne.

Z jednej strony, jak podawano wcześniej, do zajęcia RV w przebiegu OZW może dojść w mechanizmie współzależności komorowej. Z drugiej strony, RV jest niejako chroniona przed uszkodzeniem, gdyż jest bardziej odporna na niedokrwienie niż LV, z uwagi na mniejsze zapotrzebowanie na tlen, możliwość bezpośredniej dyfuzji tlenu z jamy komory oraz zaopatrywanie w krew zarówno w skurczu i rozkurczu ^{2,5,6}. Dlatego też, nawet w sytuacji braku przepływu wieńcowego, RV otrzymuje niewielką ilość tlenu i substancji odżywczych, co skutkuje raczej „ogłuszeniem” aniżeli śmiercią komórek, co wyjaśniałoby zwykle obserwowany powrót funkcji RV po epizodzie niedokrwiennym ^{58,59}.

1.5. ECHOKARDIOGRAFICZNA OCENA BUDOWY I FUNKCJI PRAWEJ KOMORY SERCA

Diagnostyka echokardiograficzna RV jest trudnym zadaniem z uwagi na jej sierpowaty kształt nieprzypominający żadnej bryły geometrycznej, bogate beleczkowanie utrudniające detekcję wsierdzia, lokalizację tuż za mostkiem, a przez to narażenie na artefakty oraz dużą zależność dostępnych parametrów funkcji skurczowej RV od warunków napełniania ¹⁹. Mimo, że „złotym standardem” w ocenie objętości, masy i funkcji RV jest CMR, to z uwagi na utrudnioną dostępność, często ograniczone doświadczenie personelu pracowni rezonansu magnetycznego w zakresie obrazowania serca oraz złą jakość badania u pacjentów z tachyarytmią, powszechnie stosowaną, pierwszą i najczęściej jedyną metodą wizualizacji budowy i oceny funkcji RV jest echokardiografia ze wszystkimi wymienionymi ograniczeniami.

W 2015 roku opublikowano zalecenia dotyczące echokardiograficznej oceny jam serca u dorosłych opracowane przez ekspertów Amerykańskiego Towarzystwa Echokardiograficznego (ASE ang. *American Society of Echocardiography*) i Europejskiej Asocjacji Obrazowania Układu Krążenia (EACVI ang. *European Association of Cardiovascular Imaging*), w których obszerna część poświęcona jest RV ⁶⁰. W nowych zaleceniach podkreśla się konieczność stosowania wielu projekcji echokardiograficznych, czasem także nietypowych, w celu dokładnej wizualizacji skomplikowanej budowy RV. Projekcją rekomendowaną do oceny wielkości i funkcji RV jest projekcja koniuszkowa czterojamowa skierowana na RV, która pozwala na ocenę maksymalnych jej wymiarów.

Oszacowanie funkcji RV wydaje się być jeszcze bardziej skomplikowane. Podczas gdy w przypadku funkcji LV posługujemy się jednym, wiarygodnym wskaźnikiem jakim jest LVEF, to nadal nie dysponujemy jednoznaczną definicją dysfunkcji RV oraz brakuje pojedynczego, rozstrzygającego parametru do jej rozpoznania. Co więcej, dostępne wskaźniki echokardiograficzne opisujące RV często niosą za sobą sprzeczne wyniki, co dodatkowo utrudnia wiarygodną ocenę. Dlatego poszukuje się nowych metod, które w bardziej wiarygodny sposób określałyby czynność RV.

Zalety i ograniczenia najczęściej stosowanych wskaźników funkcji skurczowej RV przedstawiono w tabeli nr 1.

Tabela 1. Zalety i ograniczenia echokardiograficznych parametrów funkcji skurczowej prawej komory.

Parametr	Zalety	Ograniczenia
TAPSE	• Udowodniona wartość prognostyczna • Łatwość pomiaru • Powtarzalność wyników • Mniejsza zależność od jakości obrazowania	• Odzwierciedla funkcję jedynie włókien podłużnych • Nie ocenia drogi odpływu RV oraz ściany przedniej i tylnej RV • Nieprzydatny po operacjach kardiochirurgicznych • Zależność od kąta obrazowania i obciążenia
S'	• Porównywalne do TAPSE	• Porównywalne do TAPSE • Wartości referencyjne zależne od wieku⁶¹
RIMP	• Udowodniona wartość prognostyczna • Ocena globalnej funkcji RV • Mniejsza zależność od akcji serca • Wiarygodny wskaźnik po operacjach kardiochirurgicznych⁶²	• Zawodny u osób z migotaniem przedsionków • Nieprzydatny przy podwyższonym ciśnieniu w prawym przedsionku • W przypadku pomiaru przy pomocy PW konieczne jest uzyskanie w obu zapisach ewolucji serca o zbliżonym odstępie RR
FAC	• Udowodniona wartość prognostyczna • Odzwierciedla funkcję włókien podłużnych i okrężnych • Mniejsza zależność od geometrii RV	• Pomiar czasochłonny • Wymaga dobrej jakości obrazu, aby uwidocznic wierzchołek RV • Nie ocenia drogi odpływu RV
IVA	• Mniejsza zależność od obciążenia	• Brak ustalonych wartości referencyjnych • Pomiar zależny od kąta obrazowania • Zależność od wieku pacjenta i akcji serca
3D RV EF	• Pomiar obejmuje drogę odpływu RV • Odzwierciedla pracę zarówno włókien podłużnych, jak i okrężnych • Przydatny po operacjach kardiochirurgicznych (przy braku paradoksalnego ruchu IVS)	• Pomiar czasochłonny, wymagający specjalnego oprogramowania i przeszkolenia personelu • Zależność od jakości obrazowania oraz stabilnego rytmu serca • Zależność od obciążenia
RV4CSL RVFWSL	• Niezależność od kąta obrazowania • Łatwość wykonania • Mniejsza zależność od ruchu mięśnia sercowego • Ocena globalnej i regionalnej funkcji RV	• Zależność od rodzaju oprogramowania • Nie ocenia drogi odpływu RV i pozostałych ścian RV • Konieczna dobra jakość obrazów echokardiograficznych • Niższa rozdzielczość czasowa niż w TDI

RV-prawa komora; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-skurczowa prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; IVA-przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego; RV 3D EF-frakcja wyrzutowa prawej komory oznaczana przy użyciu echokardiografii trójwymiarowej; RV4CSL-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory, IVS-przegroda międzykomorowa; PW-dopler fali pulsacyjnej; TDI- doplerowska echokardiografia tkankowa

1.5.1. Amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego (TAPSE, TAM ang. *tricuspid annular motion*)

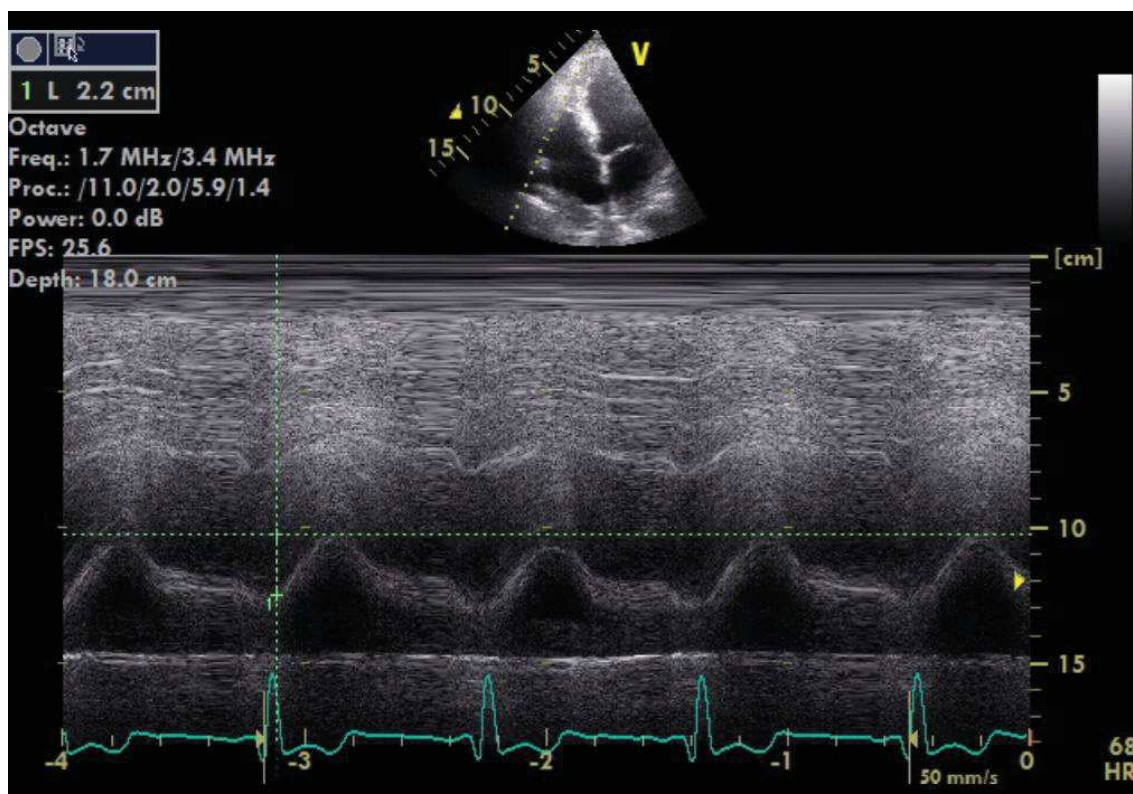
Metoda ta polega na analizie amplitudy przemieszczenia się bocznej części pierścienia trójdzielnego w kierunku wierzchołka RV w projekcji koniuszkowej czterojamowej. Parametr ten odzwierciedla skurcz włókien podłużnych, które pełnią kluczową rolę w pracy RV. Dlatego też przyjmuje się, że odwzorowuje on funkcję całej komory, a jego dobra korelacja z parametrami globalnej czynności RV potwierdzona została w badaniach naukowych ^{60,63,64}. Niemniej jednak, pomiar TAPSE ma swoje ograniczenia. Wynik może być zawyżony w przypadku odcinkowych zaburzeń kurczliwości RV oraz w ciężkim nadciśnieniu płucnym, a zaniżony po operacjach kardiochirurgicznych ⁶⁵⁻⁶⁷.

Pomimo wad, TAPSE jest parametrem najczęściej używanym do oceny czynności RV i w licznych badaniach udowodniono jego znaczenie prognostyczne w różnych stanach chorobowych.

Według najnowszych zaleceń z 2015 roku wartość TAPSE poniżej 17 mm wskazuje na upośledzenie funkcji skurczowej RV ⁶⁰.

Pomiar TAPSE przedstawia rycina nr 2.

Rycina 2. Pomiar amplitudy ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego w obrazowaniu M- mode.



1.5.2. Skurczowa prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego (S' ang. *tissue Doppler imaging-derived tricuspid lateral annular systolic velocity*)

Podobnie jak w przypadku TAPSE, S' jest parametrem regionalnym stosowanym do oceny czynności globalnej RV, co wiąże się z podobnymi ograniczeniami metody. Pomiar odbywa się przy użyciu doplerowskiej echokardiografii tkankowej (TDE ang. *tissue Doppler echocardiography*, TDI ang. *tissue Doppler imaging*). Dla wiarygodnej oceny wiązka doplerowska powinna być równoległa lub prawie równoległa do kierunku ruchu miokardium (przyjmuje się, że maksymalny kąt nie powinien przekraczać 15 stopni)⁶⁸. Ponadto, należy zwrócić uwagę, aby nie zmierzyć prędkości miokardialnej podczas, występującego wcześniej, skurczu izowolumetrycznego (IVCT ang. *isovolumic contraction time*), co prowadziłoby do fałszywych wyników.

Dolna granica normy dla S' wynosi 9,5 cm/s⁶⁰.

1.5.3. Wskaźnik sprawności prawej komory (RIMP ang. *right ventricular index of myocardial performance*, MPI ang. *myocardial performance index*, Tei index)

Wskaźnik sprawności prawej komory (RIMP) wyrażany jest stosunkiem sumy czasów izowolumetrycznego skurczu (IVCT) i rozkurczu (IVRT ang. *isovolumic relaxation time*) do czasu wyrzutu krwi z RV (ET ang. *ejection time*) uzyskiwanych przy pomocy TDE.

Może on być wyrażony następującym wzorem:

$$\text{RIMP} = (\text{IVCT} + \text{IVRT}) / \text{ET} = (\text{TCO} - \text{ET}) / \text{ET}$$

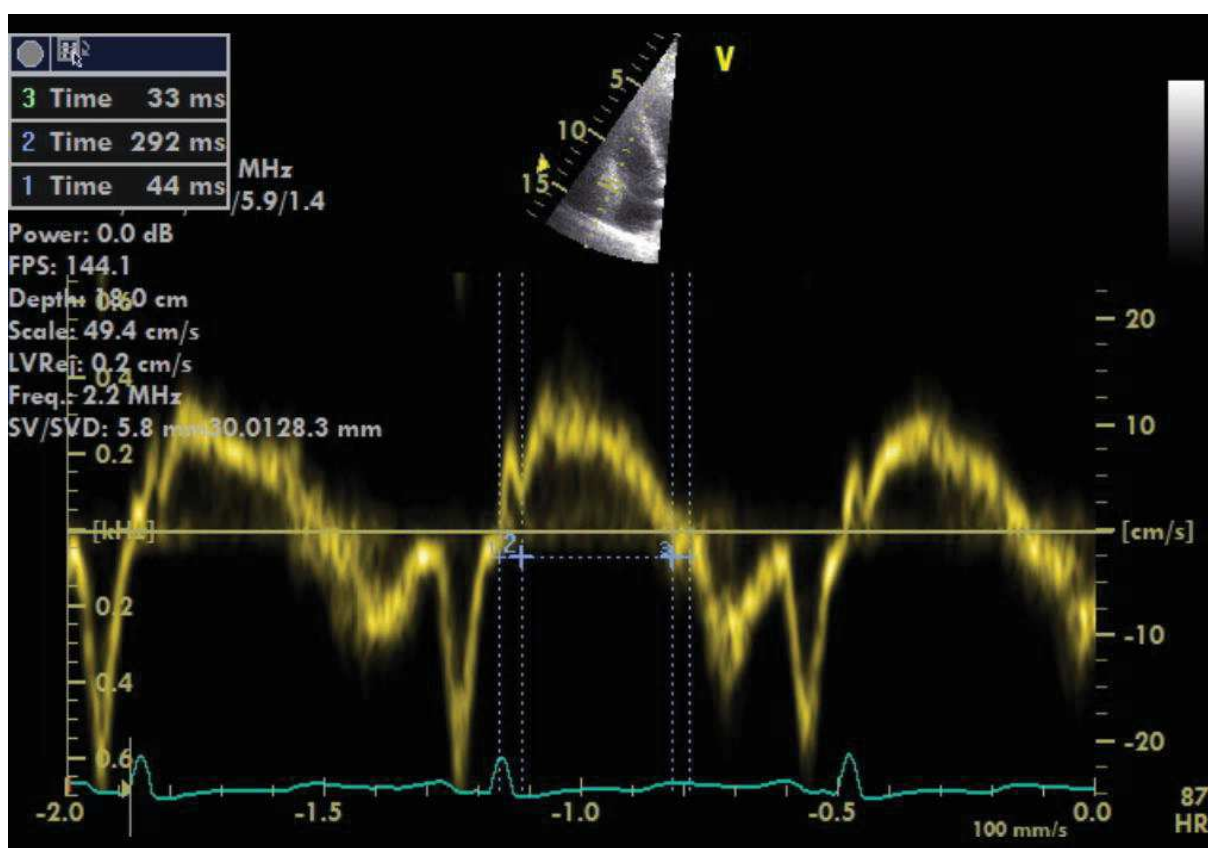
Wzór 1. Wzór opisujący wskaźnik sprawności prawej komory. RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; IVCT-czas skurczu izowolumetrycznego; IVRT-czas rozkurczu izowolumetrycznego; ET-czas wyrzutu; TCO-czas trwania niedomykalności trójdzielnej

RIMP został po raz pierwszy wykorzystany w 1995 roku przez Tei i wsp. do oceny czynności LV u osób z kardiomiopatią rozstrzeniową⁶⁹. Rok później, również w pracy Tei i wsp., wykazano przydatność tego parametru także w ocenie funkcji skurczowej i rozkurczowej RV, co potwierdzone zostało w kolejnych badaniach^{62,70-73}. Pomiar RIMP można wykonać dwoma sposobami. Pierwsza metoda wykorzystująca TDE do oceny ruchu pierścienia trójdzielnego posługuje się jedną projekcją i jednym cyklem serca i z tego powodu wydaje się prostsza oraz obarczona mniejszym ryzykiem błędu pomiaru. Według techniki wykorzystującej doplera fali pulsacyjnej (PW ang. *pulsed wave Doppler*), wykonuje się pomiary w dwóch różnych projekcjach, a co za tym idzie w odmiennych cyklach pracy serca, umożliwiając ocenę osobno czasu trwania niedomykalności trójdzielnej (TCO ang. *tricuspid closure- to opening time*) i ET. Warunkiem wiarygodnego pomiaru jest uzyskanie w obu projekcjach zapisu ewolucji serca o zbliżonym odstępie RR.

Wartość RIMP, według obowiązujących zaleceń, nie powinna przekraczać 0,54 przy użyciu TDE oraz 0,43 w przypadku wykorzystania PW⁶⁰.

Pomiar RIMP przy pomocy doplera tkankowego został przedstawiony na rycinie nr 3.

Rycina 3. Pomiar wskaźnika sprawności prawej komory za pomocą tkankowej echokardiografii dopplerowskiej.



1.5.4. Zmiana pola powierzchni prawej komory (FAC ang. fractional area change)

Wskaźnik ten jest obliczany na podstawie powierzchni końcoworozkurczowych (EDA ang. *end-diastolic area*) i końcowoskurczowych (ESA ang. *end-systolic area*) RV, mierzonych planimetrycznie w projekcji koniuszkowej czterojamowej skierowanej na RV i może być wyrażony wzorem:

$$FAC = (EDA - ESA) / EDA \times 100\%$$

Wzór 2. Wzór opisujący zmianę pola powierzchni prawej komory. FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; EDA-powierzchnia końcoworozkurczowa prawej komory; ESA-powierzchnia końcowoskurczowa prawej komory

Uznaje się, że wartość FAC poniżej 35% wskazuje na dysfunkcję RV ⁶⁰.

1.5.5. Przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego (IVA ang. isovolumic acceleration)

Przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego (IVA) obliczane jest poprzez stosunek maksymalnej prędkości miokardialnej w trakcie IVCT do czasu akceleracji uzyskiwanych w TDE. Wartości IVA otrzymywana w TDE techniką doplera pulsacyjnego jest o 20 % większa niż techniką znakowania kolorem ⁶⁷.

Dolna granica normy dla IVA mierzonego za pomocą TDE techniką doplera pulsacyjnego jest przyjęta na poziomie 2,2 m/s², ale wartość ta ustalona została na podstawie wyników z jedynie 10 badań ⁶⁷. W najnowszych zaleceniach IVA nie jest wcale wymieniana wśród parametrów zalecanych do określania funkcji RV ^{60,74}.

1.5.6. Frakcja wyrzutowa prawej komory oznaczana przy użyciu echokardiografii trójwymiarowej (RV 3D EF ang. right ventricular three- dimensional ejection fraction)

RV 3D EF może być zdefiniowana następującym wzorem:

$$\frac{(\text{objętość końcoworozkurczowa} - \text{objętość końcowoskurczowa})}{\text{objętość końcoworozkurczowa}} \times 100\%$$

Wzór 3. Wzór na frakcję wyrzutową prawej komory.

Pomimo, że RV 3D EF jest wskaźnikiem globalnej funkcji RV, to nie odzwierciedla on bezpośrednio czynności skurczowej miokardium, a raczej opisuje zależności wynikające z kurczliwości oraz obciążenia ⁶⁰. Dlatego też w sytuacjach zwiększonego obciążenia wstępnego wynikających np. z ciężkiej niedomykalności trójdzielnej czy ubytku w przegrodzie międzyprzedsionkowej, wynik 3D EF może być zawyżony ⁷⁵.

Przyjmuje się, że wartość RV 3D EF < 45% najczęściej świadczy o dysfunkcji RV, choć wartości uzależnione są od płci i wieku ⁶⁰.

1.5.7. Echokardiograficzna technika śledzenia markerów akustycznych (STE)

Jak podawano wcześniej to włókna podłużne mięśniówki RV pełnią kluczową rolę w utrzymaniu prawidłowej jej funkcji. Do oceny ich pracy, obok wcześniej wymienianych wskaźników, służy analiza odkształcenia podłużnego (ang. *longitudinal strain*) przy użyciu STE. Wykorzystuje ona obecność w mięśniu sercowym licznych plamek (ang. *speckles*), czyli charakterystycznych dla obrazu echokardiograficznego punktowych ziarnistości, które w stały sposób odbijają fale ultradźwiękowe w czasie całego cyklu pracy serca. Odkształcenie opisuje zmianę odległości między dwoma markerami akustycznymi (plamkami) w czasie cyklu pracy serca w stosunku do ich początkowego położenia i jest podawane w procentach przez system komputerowy. Kolejnym ocenianym przy pomocy STE parametrem jest tempo odkształcenia (ang. *strain rate*), które odzwierciedla szybkość deformacji miokardium i jest wyrażane jako stosunek różnicy prędkości dwóch punktów w badanym obszarze do odległości pomiędzy nimi. W przypadku odkształcenia podłużnego w warunkach prawidłowych w czasie skurczu mięśnia sercowego badane punkty zbliżają się do siebie (dochodzi do skracania wymiaru podłużnego komory), więc przyjmuje ono wartość ujemną. Innymi słowy, im bardziej ujemna wartość odkształcenia podłużnego, tym lepsza funkcja skurczowa. Niemniej jednak w przypadku opisywania jego zmian zalecane jest stosowanie bezwzględnych wartości odkształcenia. Czyli, zgodnie z zaleceniami, wzrost wartości odkształcenia podłużnego świadczy o tym, że stała się ona bardziej ujemna ⁷⁶.

STE wymaga rejestrowania obrazów echokardiograficznych wysokiej jakości oraz dużej częstości odświeżania obrazu (FPS ang. *frames per second*) na poziomie 40-80 Hz, która w przypadku tachykardii powinna być jeszcze większa ^{68,76}. Zarówno zbyt wysoka, jak i zbyt niska częstość odświeżania może prowadzić do nieprecyzyjnego śledzenia markerów akustycznych. Projekcją zalecaną do wykonywania pomiarów jest projekcja czterojamowa skierowana na RV ^{60,65,77,78}. Pomiar wielkości i funkcji RV wykonywane w klasycznej projekcji koniuszkowej czterojamowej, prowadzą do dużej rozbieżności w wynikach wynikających z uzyskiwanego zmiennego obrazu prawego serca. Ponadto w projekcji czterojamowej wierzchołek RV najczęściej nie jest widoczny, co skutkuje niedostateczną wizualizacją segmentu koniuszkowego RV i błędnym wynikiem odkształcenia. Tak więc konieczne jest dokładne wyznaczenie granic regionów zainteresowania (ROI ang. *region of interest*), czyli segmentów RV, które będą podlegały analizie. Włączenie osierdzia będzie wiązało się z niedoszacowaniem wartości odkształcenia.

Podobnie włączenie do ROI ściany prawego przedsionka może prowadzić do fałszywych wyników odkształcenia podłużnego segmentu podstawnego ⁶⁰. Ściana RV jest cieńsza niż LV, tak więc zalecana szerokość ROI to 5 mm. Opcją pozostaje manualne wyznaczenie granic wsierdza i nasierdza ⁷⁷. Po ewentualnej ręcznej korekcji szerokości ROI oprogramowanie automatycznie dzieli go na sześć segmentów (podstawne, środkowe i koniuszkowe) odpowiadających wolnej ścianie RV oraz IVS. Następnie generowane są krzywe odkształcenia dla każdego z wybranych segmentów. Z tych krzywych można odczytać wartości odkształcenia dla poszczególnych segmentów oraz odkształcenia globalnego poprzez uśrednienie wszystkich wartości cząstkowych. Zgodnie z opiniami ekspertów, zalecane jest aby ROI zawierał zarówno wolną ścianę RV, jak i IVS ⁷⁶. W świetle najnowszych zaleceń, odkształcenie podłużne RV domyślnie powinno być raportowane jako odkształcenie podłużne wolnej ściany RV (RVFWSL ang. *right ventricular free-wall longitudinal strain*), a dodatkowo dopuszczane jest podanie wartości odkształcenia podłużnego sześciu segmentów RV (RV4CSL ang. *right ventricular four-chamber longitudinal strain*), z włączeniem IVS ⁷⁷.

Jak wspomniano wcześniej, do obliczania RVFWSL zalecane jest, aby ROI zawierał sześć segmentów (trzy segmenty wolnej ściany RV oraz IVS), a sam pomiar polegał na uśrednianiu wartości odkształcenia podłużnego poszczególnych segmentów wolnej ściany RV, co pozwala algorytmowi na dokładniejszą ocenę koniuszkowego segmentu wolnej ściany RV ^{77,79}. Ponadto rekomendowane jest podawanie jedynie szczytowej skurczowej wartości odkształcenia ⁷⁷.

Pomiary odkształcenia za pomocą STE są najczęściej wykonywane przy użyciu algorytmu dedykowanego ocenie LV, co w teorii może implikować pewne charakterystyczne dla LV założenia geometryczne i utrudniać analizę, zwłaszcza koniuszkowego segmentu wolnej ściany RV ⁸⁰. Rekomendowane jest zastosowanie algorytmu przeznaczonego RV, jednak jego dostępność jest znacznie ograniczona.

Kolejnym aspektem, który wpływa na wartości odkształcenia jest rodzaj używanego oprogramowania. Wyniki badań mogą się różnić w zależności od tego jakie oprogramowanie było stosowane do analizy.

Z informacji płynących z licznych badań naukowych wynika, iż odkształcenie podłużne RV jest bardziej czułym parametrem do oceny dysfunkcji RV niż klasyczne parametry³⁹⁻⁴¹.

STE umożliwia ocenę skurczowej dysfunkcji miokardium RV na wczesnym etapie, co znacznie rozszerza możliwości diagnostyczne dotychczas stosowanych metod. Przydatność tej techniki została potwierdzona w badaniach naukowych w licznych stanach patologicznych, m.in. HF i MI^{55,81-85}. Niektórzy autorzy obserwowali, iż to wartość RVFWSL ma większe znaczenie prognostyczne, a inni wykazywali większą przydatność RV4CSL^{85,86}. RV4CSL do oceny kurczliwości RV bierze pod uwagę również pracę IVS, która mimo iż istotnie wpływa na jej funkcję, jest głównie częścią LV. Tak więc RV4CSL odzwierciedla funkcję zarówno RV, jak i LV.

Zgodnie z zaleceniami ekspertów z 2015 roku wartość RVFWSL > -20% (< 20% w wartościach bezwzględnych) wskazuje na dysfunkcję skurczową RV⁶⁰. Wartości prawidłowe odkształcenia podłużnego RV przy pomocy STE wyznaczone w największych badaniach naukowych zostały podsumowane w tabeli nr 2.

Jeszcze bardziej zaawansowaną metodą oceny RV jest pomiar odkształcenia podłużnego przy pomocy techniki śledzenia markerów akustycznych przy użyciu echokardiografii trójwymiarowej (3D STE ang. *three-dimensional speckle tracking echocardiography*). Możliwość oceny kurczliwości w trzech płaszczyznach jest szczególnie istotna w przypadku RV, która charakteryzuje się skomplikowanym geometrycznie kształtem. Głównym ograniczeniem 3D STE jest niewystarczająca jakość obrazów echokardiograficznych, z których powstają trójwymiarowe rekonstrukcje oraz gorsza, w porównaniu z 2D STE, rozdzielczość czasowa.

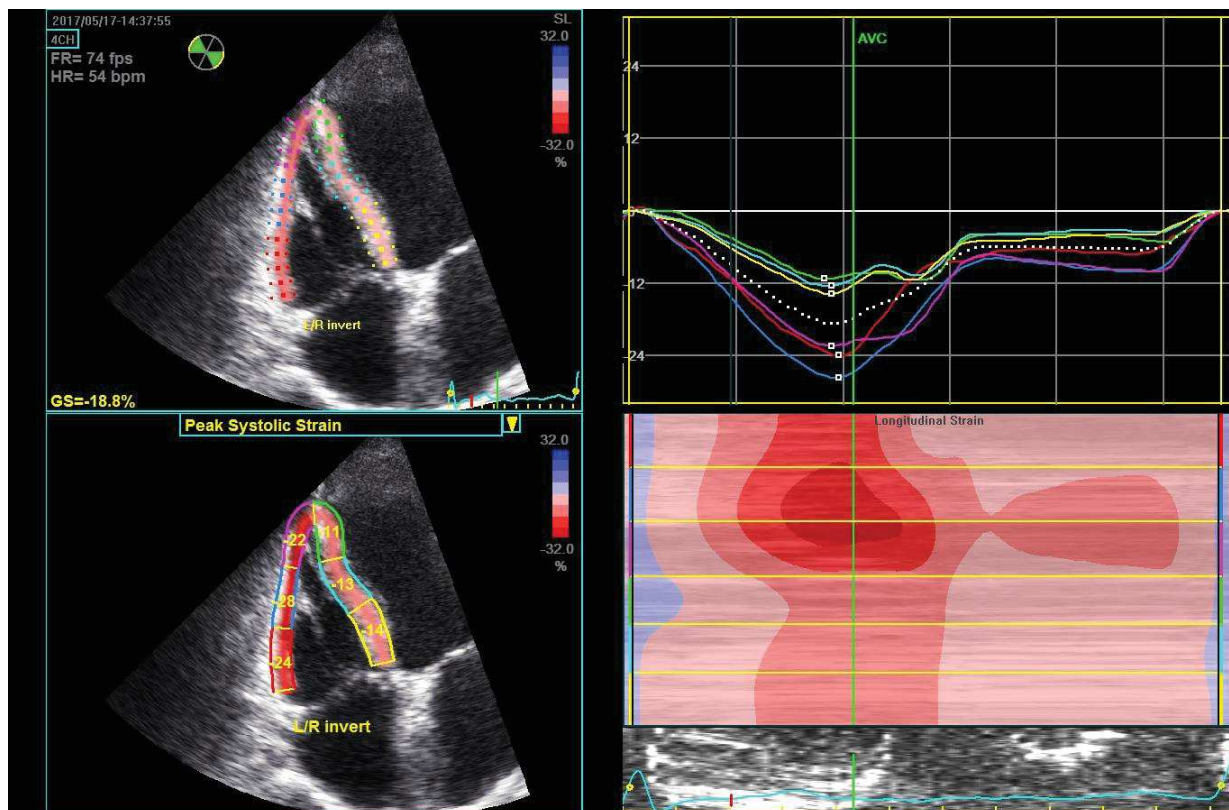
Pomiar odkształcenia podłużnego RV przy pomocy 2D STE został przedstawiony na rycinie nr 4.

Tabela 2. Wartości prawidłowe odkształcenia podłużnego prawej komory.

Parametr	Autor	Wartości prawidłowe		N	Oprogramowanie
		Kobiety (średnia±SD)	Mężczyźni (średnia±SD)		
RV4CSL (%)	Park i wsp. ⁸⁷	< 30 roku życia: -22.8 ± 2.5	< 30 roku życia: -20.8 ± 2.9	493	GE EchoPAC
		31–40 lat: -23.2 ± 3.6	31–40 lat: -20.1 ± 2.5		
		41–50 lat: -22.5 ± 3.1	41–50 lat: -20.4 ± 3.0		
		51–60 lat: -21.8 ± 3.1	51–60 lat: -21.0 ± 3.3		
		> 60 lat: -21.3 ± 3.7	> 60 lat: -21.0 ± 3.0		
RV4CSL (%)	Morris i wsp. ⁸⁸	-24.5 ± 3.8		238	GE EchoPAC
RV4CSL (%)	Muraru i wsp. ⁷⁹	-26.7 ± 3.1	-24.7 ± 2.6	276	GE EchoPAC
RV4CSL (%)	Fine i wsp. ⁸⁹	-20.4 ± 3.2		186	Siemens VVI
RV4CSL (%)	Meris i wsp. ⁹⁰	-24.2 ± 2.9		100	GE EchoPAC
RVFWSL (%)	Park i wsp. ⁸⁷	< 30 roku życia: -28.2 ± 3.8	< 30 roku życia: -25.8 ± 3.7	493	GE EchoPAC
		31–40 lat: -28.5 ± 4.7	31–40 lat: -24.7 ± 3.5		
		41–50 lat: -27.3 ± 4.0	41–50 lat: -25.3 ± 3.6		
		51–60 lat: -27.1 ± 4.2	51–60 lat: -25.9 ± 4.2		
		> 60 lat: -25.2 ± 4.9	> 60 lat: -26.1 ± 3.8		
RVFWSL (%)	Morris i wsp. ⁸⁸	-28.5 ± 4.8		238	GE EchoPAC
RVFWSL (%)	Muraru i wsp. ⁷⁹	-31.6 ± 4.0	-29.3 ± 3.4	276	GE EchoPAC
RVFWSL (%)	Fine i wsp. ⁹¹	-26.0 ± 4.0		116	GE EchoPAC
RVFWSL (%)	Fine i wsp. ⁸⁹	-21.7 ± 4.2		186	Siemens VVI
RVFWSL (%)	Meris i wsp. ⁹⁰	-28.7 ± 4.1		100	GE EchoPAC

N-liczba zbadanych osób; RV4CSL-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; VVI- Velocity Vector Imaging; GE- General Electric

Rycina 4. Pomiar odkształcenia podłużnego prawej komory przy pomocy techniki śledzenia markerów akustycznych.



2. CELE PRACY

1. Ocena przydatności pomiaru odkształcenia podłużnego przy użyciu techniki śledzenia markerów akustycznych do oceny funkcji skurczowej prawej komory serca u pacjentów z niedokrwioną dysfunkcją lewej komory serca.
2. Echokardiograficzna ocena funkcji skurczowej prawej komory serca u pacjentów z ostrym zespołem wieńcowym i towarzyszącą dysfunkcją skurczową lewej komory serca.
3. Echokardiograficzna ocena zmian funkcji skurczowej prawej komory serca po ostrym zespole wieńcowym i skutecznej rewaskularyzacji naczynia odpowiedzialnego za niedokrwienie.

3. MATERIAŁY I METODY BADAWCZE

3.1. ASPEKTY FORMALNO-PRAWNE

Badanie uzyskało wymagane zgody, w tym Komisji Bioetycznej przy Okręgowej Izbie Lekarskiej w Gdańsku. Wszyscy pacjenci zapoznali się, a następnie podpisali świadomą zgodę na udział w badaniu oraz zbieranie, rejestrowanie i przetwarzanie danych osobowych zawartych w dokumentacji medycznej oraz wyników badań, celem ich wykorzystania w analizie badań naukowych. Niewyrażenie zgody nie wpływało na dalszą opiekę lekarską i postępowanie diagnostyczno- terapeutyczne.

3.2. KRYTERIA WŁĄCZENIA DO BADANIA

Badania przeprowadzono w grupie 66 pacjentów z upośledzoną kurczliwością LV z $LVEF \leq 45\%$ hospitalizowanych w Oddziale Kardiologii Szpitala św. Wojciecha w Gdańsku (Copernicus Podmiot Leczniczy) w latach 2016- 2018 (ordynator: lek. Włodzimierz Krasowski). Do dalszej obserwacji włączono pacjentów z uszkodzeniem LV na tle niedokrwinnym ($n= 64$). Po uwzględnieniu kryteriów wyłączenia ostatecznie grupę badaną stanowiły 63 osoby (średni wiek $64,7 \pm 9,7$, 48 mężczyzn) spośród których wyodrębniono dwie podgrupy badawcze.

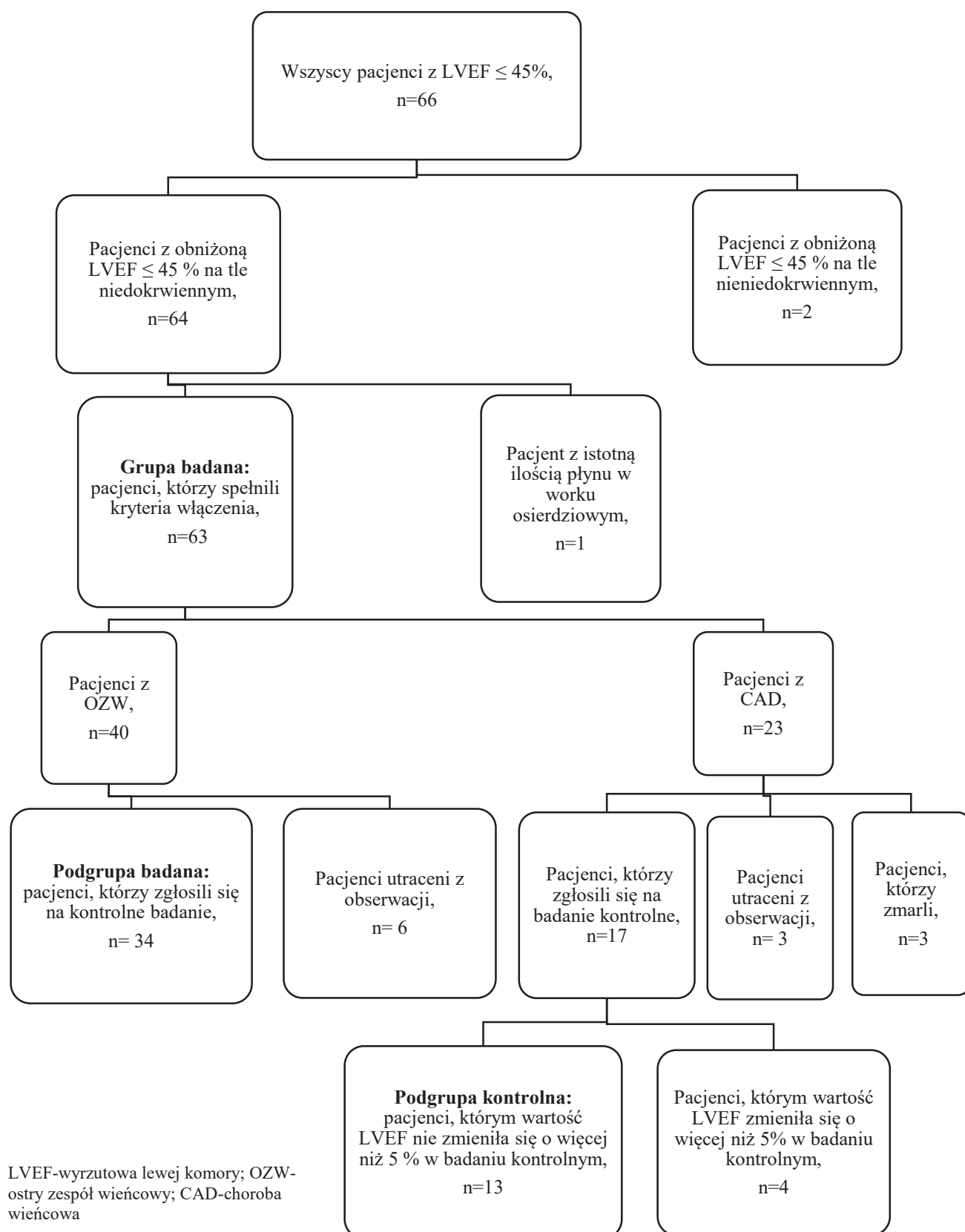
Kryteria włączenia do poszczególnych podgrup badawczych obejmowały:

- (1) podgrupa badana- pacjenci z OZW leczonym skuteczną rewaskularyzacją tętnicy odpowiedzialnej za niedokrwienie, którzy zgłosili się na badanie kontrolne ($n=34$, średni wiek $63,6 \pm 10,1$; 27 mężczyzn). Badanie wyjściowe wykonywano średnio po 31 h od PCI. Diagnozę OZW stawiano w oparciu o obowiązujące zalecenia ^{53,92}.
- (2) podgrupa kontrolna- pacjenci z CAD hospitalizowani w trybie pilnym lub planowym z różnych przyczyn ($n=13$, średni wiek $67,9 \pm 6,1$; 12 mężczyzn), u których w badaniu kontrolnym wartość LVEF nie zmieniła się o więcej niż 5%. CAD rozpoznawano na podstawie obowiązujących wytycznych ⁹³.

Kontrolne badanie zostało wykonane w okresie od 3 do 7 miesięcy od czasu hospitalizacji. Pacjenci, którzy zostali wyłączeni z podgrupy badanej z powodu niezgłoszenia się na wizytę kontrolną (n=6) oraz wyłączeni z podgrupy kontrolnej (n=10) z uwagi na niestawienie się na badanie kontrolne (n=6, z czego 3 pacjentów zmarło) lub zmianę wartości LVEF o więcej niż 5% (n=4), byli brani pod uwagę przy pomiarach korelacji różnych parametrów klinicznych i echokardiograficznych. Ponadto do oceny korelacji różnych wskaźników u pacjentów poddawanych PCI wykorzystywano również grupę wszystkich pacjentów z OZW (n=40, czyli 34 z podgrupy badanej oraz 6 chorych utraconych w toku badania).

Przebieg rekrutacji pacjentów oraz kwalifikację do poszczególnych podgrup przedstawiono na rycinie nr 5.

Rycina 5. Diagram przedstawiający przebieg rekrutacji i uzyskanie końcowej grupy badanej oraz podgrupy badanej i kontrolnej.



3.3. KRYTERIA WYŁĄCZENIA

Kryteria wyłączenia stanowiły:

1. uszkodzenie LV na tle nieniedokrwiennym
2. niedostateczna jakość projekcji echokardiograficznych uniemożliwiająca ocenę metodą STE
3. większe niż umiarkowane wady serca
4. towarzyszący MI ściany dolnej
5. zaburzenia rytmu serca uniemożliwiające ocenę techniką STE
6. ilość płynu w worku osierdziowym wpływająca na hemodynamikę RV
7. w przypadku podgrupy kontrolnej- zmiana wartości LVEF o ponad 5% w badaniu kontrolnym.

3.4. PROTOKÓŁ BADANIA

Dane kliniczne pacjentów z grupy badanej uzyskano na podstawie dokładnego wywiadu lekarskiego i analizy dokumentacji medycznej, zarówno prowadzonej w czasie hospitalizacji, jak i wcześniejszej, dostarczonej przez chorego. Wykonywano badanie przedmiotowe, łącznie z pomiarami antropometrycznymi [wzrost, waga, wskaźnik masy ciała (BMI ang. *body mass index*)]. U pacjentów z OZW analizowano obraz angiograficzny naczyń wieńcowych oraz poziom markerów martwicy miokardium. Na koniec przeprowadzano badanie elektrokardiograficzne (EKG) i wykonywano pełne badanie echokardiograficzne.

Podczas badania kontrolnego, przeprowadzanego po upływie 3-7 miesięcy od wyjściowej oceny, zbierano wywiad lekarski dotyczący dolegliwości zgłaszanych przez chorych, wykonywano badanie przedmiotowe, EKG oraz badanie echokardiograficzne.

3.4.1. Wywiad lekarski i badanie przedmiotowe

Z każdym uczestnikiem badania zbierano szczegółowy wywiad lekarski, który uzupełniano samodzielnie przygotowaną ankietą dotyczącą objawów, nałogów oraz wywiadu rodzinnego w kierunku chorób układu sercowo- naczyniowego (rycina nr 6). Analizowano również dostępną dokumentację medyczną.

Stan odżywienia określano na podstawie pomiarów masy ciała i wzrostu chorego, z których wyliczano BMI (za wartości świadczące o nadwadze przyjęto BMI 25–29,9 kg/m², a o otyłości ≥ 30 kg/m²).

Natężenie duszności oceniano za pomocą skali NYHA, a stopień zaawansowania dławicy piersiowej przy użyciu czterostopniowej skali opracowanej przez Kanadyjskie Towarzystwo Kardiologiczne (CCS ang. *Canadian Cardiovascular Society*).

Nadciśnienie tętnicze rozpoznawano, gdy pomiary ciśnienia tętniczego krwi w trakcie hospitalizacji były równe lub przekraczały wartości 140 mmHg dla ciśnienia skurczowego i/lub 90 mmHg dla ciśnienia rozkurczowego lub w przypadku wcześniej zdiagnozowanego nadciśnienia tętniczego i stosowanej terapii hipotensyjnej.

Cukrzycę rozpoznawano na podstawie podwyższonych wartości poziomu glikemii na czczo i/lub po spożyciu posiłku wg obowiązujących zaleceń lub jeżeli u chorego wcześniej stwierdzano cukrzycę i prowadzono postępowanie dietetyczne lub leczenie hipoglikemizujące.

Nikotynizm rozpoznawano u osób aktualnie palących. Zbierano również informacje o wywiadzie odległym zależności tytoniowej oraz podawano liczbę paczkołat, obliczanych poprzez pomnożenie liczby wypalanych paczek papierosów na dobę przez lata nałogu.

Zbierano również wywiad w kierunku nadużywania alkoholu, podawane dane były subiektywne, z informacji pochodzących jedynie od chorego.

Rycina 6. Ankieta uzupełniająca dane z dokumentacji medycznej.

Nr pacjenta

Data / /

Imię

Nazwisko

PESEL

Adres: ulica.....nr..... miasto telefon.....

Wzrost cm

Waga kg

Ciśnienie tętnicze / mmHg

Wywiad

Klasa wydolności fizycznej wg NYHA

Dławica piersiowa w skali CCS

Obrzęki kończyn dolnych

Wywiad rodzinny	Choroba wieńcowa				T	N	Nadciśnienie tętnicze				T	N	Udar mózgowy				T	N
	(ojciec	matka	brat	siostra)			(ojciec	matka	brat	siostra)			(ojciec	matka	brat	siostra)		

Papierosy	T	N	w przeszłości	T	N	od ilu lat nie pali
Liczba paczkolet						

Nadużywanie alkoholu	T	N	w przeszłości	T	N	od ilu lat nie pije

Skala NYHA-skala do oceny nasilenia objawów niewydolności serca; skala CCS-skala zaawansowania dławicy piersiowej

3.4.2. Badania laboratoryjne

Każdy pacjent z OZW miał analizowany poziom troponiny T (TnT). Za punkt odcięcia TnT dla ostrego niedokrwienia miokardium przyjmowano 0.1 ng/ml.

3.4.3. EKG

Każdy pacjent miał wykonywane EKG, zarówno na wizycie pierwszej, jak i kontrolnej. Uniesienie odcinka ST związane z ostrym niedokrwieniem miokardium rozpoznawano w następujących przypadkach: ≥ 2 sąsiednie odprowadzenia z uniesieniem odcinka ST o $\geq 2,5$ mm u mężczyzn w wieku < 40 lat, ≥ 2 mm u mężczyzn w wieku ≥ 40 lat lub $\geq 1,5$ mm u kobiet w odprowadzeniach V2–V3 oraz/lub ≥ 1 mm w pozostałych odprowadzeniach (jeżeli nie występuje przerost LV ani LBBB). W zależności od lokalizacji znamiennych uniesień odcinka ST rozpoznawano elektrokardiograficznie MI ściany przedniej, dolnej lub bocznej. U pacjentów z MI ściany dolnej rejestrowano zapis z odprowadzeń przedsercowych prawokomorowych (V3R i V4R). MI RV diagnozowano w przypadku występowania uniesienia odcinka ST o ≥ 1 mm w odprowadzeniach aVR, V1 i/lub prawokomorowych odprowadzeniach przedsercowych (V3R i V4R). MI ściany tylnej podejrzewano przy obniżeniu odcinka ST w odprowadzeniach V1–V3, a elektrokardiograficzne rozpoznanie potwierdzano poprzez wykazanie towarzyszącego uniesienia odcinka ST o $\geq 0,5$ mm w odprowadzeniach V7–V9. Jako elektrokardiograficzne kryteria rozpoznania STEMI w LBBB uznawano: uniesienie ST o ≥ 1 mm zgodne z kierunkiem zespołu QRS w odprowadzeniach z dodatnim zespołem QRS, obniżenie ST o ≥ 1 mm zgodne z kierunkiem zespołu QRS w odprowadzeniach V1–V3 lub uniesienie ST o ≥ 5 mm przeciwne do kierunku zespołu QRS w odprowadzeniach z ujemnym zespołem QRS⁵³. Za charakterystyczne dla niedokrwienia obniżenie odcinka ST uznawano obniżenie w punkcie J o 0,5 mm w odprowadzeniach V2–V3 oraz 1 mm w pozostałych odprowadzeniach niezależnie od płci i wieku. LBBB rozpoznawano, gdy: (1) czas trwania zespołu QRS ≥ 120 ms; (2) szeroki, zazębiony załamek R lub załamek R z plateau na jego szczycie w odprowadzeniach I, aVL, V5 i V6 lub rzadko zespół RS w odprowadzeniach V5 i V6; (3) zespół QS lub rS w odprowadzeniach V1–V3; (4) czas do szczytu załamka R w V5, V6 > 60 ms; (5) zmiany ST i T przeciwstawne do głównego wychylenia zespołu QRS, z zastrzeżeniem, że wariantem prawidłowym dla LBBB mogą być dodatnie załamki T

w odprowadzeniach z dominującym załamkiem R. Blok prawej odnogi pęczka Hisa (RBBB ang. *right bundle branch block*) rozpoznawano, gdy: (1) czas trwania zespołu QRS ≥ 120 ms; (2) załamek S szerszy od R i/lub > 40 ms w odprowadzeniach I i V6; (3) zespół QRS o morfologii rsr', rsR', rSR' lub szeroki, często zazębiony załamek R w odprowadzeniach V1 i/lub V2; (4) czas do szczytu załamka R w V1 > 50 ms; (5) wtórne zmiany ST-T w odprowadzeniach V1, V2 i ewentualnie V3. Niespecyficzne zaburzenia przewodzenia śródkomorowego, które w pracy określano jako „LBBB-like” i „RBBB-like”, rozpoznawano gdy: (1) czas trwania zespołu QRS > 110 ms; 2. niespełnione wszystkie kryteria dla LBBB i RBBB ⁹⁴.

3.4.4. Koronarografia i angioplastyka wieńcowa

Każdy pacjent z OZW był poddawany koronarografii i skutecznej PCI tętnicy odpowiedzialnej za niedokrwienie. Za skuteczną PCI uznawano uzyskanie prawidłowego przepływu w naczyniu dozawałowym.

3.4.5. Badanie echokardiograficzne przy użyciu technik klasycznych

Bezpośrednio przed badaniem echokardiograficznym dokonywano pomiaru ciśnienia tętniczego krwi i w przypadku stwierdzenia podwyższonych wartości badanie wykonywano po podaniu leków hipotensyjnych. Przeprowadzono pełne badania echokardiograficzne przekłatkowe w Oddziale Kardiologii Szpitala św. Wojciecha w Gdańsku na aparacie VIVID Q firmy General Electric Healthcare, przy użyciu głowicy M4S-RS, z jednoczasową rejestracją EKG z odprowadzeń kończynowych. Obrazy uzyskiwano zgodnie ze standardami, w projekcjach przymostkowych, koniuszkowych, i podmostkowych, a także w projekcjach koniuszkowych skierowanych na RV oraz innych, nietypowych, w celu dokładniejszej wizualizacji miokardium. Stosowano standardowo obrazowanie harmoniczne dwuwymiarowe, obrazowanie jednowymiarowe (M- mode) oraz techniki doplerowskie (dopler fali ciągłej i pulsacyjnej, dopler kolorowy, TDI).

Analizę echokardiograficzną przeprowadzono zgodnie z najnowszymi wytycznymi dotyczącymi echokardiograficznej oceny jam serca opracowanymi przez ekspertów ASE i EACVI w 2015 r.⁶⁰. Badanie rozpoczynano od pomiarów liniowych aorty, ścian i jam serca. Zgodnie z powszechnymi standardami, posługując się zapisem EKG w celu wyznaczenia czasu końcowoskurczowego i końcoworozkurczowego, mierzono wymiar końcoworozkurczowy LV (LVEDd ang. *left ventricular end-diastolic diameter*), wymiar końcowoskurczowy LV (LVESd ang. *left ventricular end-systolic diameter*), rozkurczową grubość IVS, rozkurczową grubość tylnej ściany LV. Dokonywano również pomiaru wymiaru poprzecznego lewego przedsionka w projekcji przymostkowej w osi długiej oraz jego powierzchni w projekcji koniuszkowej czterojamowej. LVEF była wyliczana przez system echokardiografu dwupłaszczyznową metodą dysków (zmodyfikowana metoda Simpsona). Ocenę kurczliwości odcinkowej LV dokonywano wzrokowo na powszechnie stosowanym modelu siedemnastosegmentowym. Ocenę napływu mitralnego dokonywano w projekcji koniuszkowej czterojamowej przy wykorzystaniu techniki PW, umieszczając bramkę doplerowską na szczycie płatków zastawki mitralnej. Ze spektrum napełniania LV uzyskano prędkość maksymalną fali wczesnej (E), fali przedsionkowej (A). Techniką TDI dokonywano zapisu ruchu pierścienia mitralnego w zakresie fragmentu bocznego i przyśrodkowego oraz podawano prędkość wczesnorozkurczową (e'). Następnie obliczano wartość E/e' , dzieląc prędkość fali E przez prędkość fali e' , będącej średnią arytmetyczną dla obu fragmentów pierścienia mitralnego. Do oceny ciężkości wad serca posługiwano się wytycznymi

Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego dotyczącymi leczenia zastawkowych wad serca oraz zaleceniami EACVI dotyczącymi echokardiograficznej oceny niedomykalności natywnych zastawek^{95,96}.

Morfologię i funkcję miokardium RV oceniano zgodnie z obowiązującymi aktualnie zaleceniami^{60,67}. Najczęściej używaną projekcją była projekcja koniuszkowa czterojamowa skierowana na RV, jako najlepiej obrazująca wolną ścianę RV. W tej projekcji, w okresie końcoworozkurczowym, mierzono wymiar podstawny RV (nieco poniżej zastawki trójdzielnej, w obszarze segmentu podstawnego; RVIT ang. *right ventricular inflow tract*) oraz pole powierzchni prawego przedsionka. Dokonywano pomiaru skurczowego gradientu ciśnienia między RV a prawym przedsionkiem (TRPG ang. *tricuspid regurgitation peak gradient*). Gradient ten obliczano się za pomocą uproszczonego równania Bernoulliego, z maksymalnej prędkości fali zwrotnej trójdzielnej. Żyłę główną dolną (VCI ang. *vena cava inferior*) mierzono w projekcji podmostkowej i oceniano jej zmienność w zależności od fazy oddechu. Pomiar AcT wykonywano w projekcji przymostkowej w osi krótkiej, umieszczając bramkę doplera pulsacyjnego na wysokości zastawki tętnicy płucnej. Przy pomiarze TAPSE i parametrów uzyskiwanych za pomocą TDI zwracano uwagę, aby minimalizować kąt odchylenia wiązki doplerowskiej od kierunku skurczu RV. Do obliczania TAPSE stosowano obrazowanie M- mode do oceny ruchu pierścienia trójdzielnego w projekcji koniuszkowej czterojamowej, a w przypadku S', w tej samej projekcji, do oceny ruchu pierścienia trójdzielnego lub podstawnego segmentu wolnej ściany RV, używano TDI. Za pomocą techniki TDI dokonywano również pomiarów IVCT, IVRT oraz czasu trwania fali S' i na podstawie wyników obliczano „RIMP tkankowy”. Z tego samego obrazu mierzono IVA, uzyskując najpierw wartość maksymalnej prędkości miokardialnej w trakcie IVCT oraz czasu akceleracji. FAC wyliczano po pomiarach EDA i ESA w projekcji czterojamowej koniuszkowej skierowanej na RV. „RIMP pulsacyjny” obliczano na podstawie pomiarów w dwóch różnych projekcjach umożliwiających ocenę TCO i wyrzutu przez zastawkę płucną. W przypadku braku dostatecznej wizualizacji niedomykalności trójdzielnej do pomiaru TCO, posługiwano się profilem napływu trójdzielnego i mierzono czas między końcem fali A, a początkiem fali E napływu trójdzielnego. Jako że warunkiem prawidłowego pomiaru jest uzyskanie w obu projekcjach zapisu ewolucji serca o zbliżonym czasie RR, przyjęto że różnica między HR w obu projekcjach nie może być większa niż 5/min.

3.4.6. Badanie echokardiograficzne przy pomocy techniki śledzenia markerów akustycznych

Obok tradycyjnych pomiarów echokardiograficznych oceniano także odkształcenie podłużne miokardium RV przy użyciu STE.

Wszystkie echokardiogramy zostały zarejestrowane cyfrowo na pamięci przenośnej w formacie DICOM (ang. *Digital Imaging and Communications in Medicine*) i poddane późniejszej analizie przy pomocy STE off-line, przy użyciu programu EchoPac (EchoPac work station, Version 202, GE Healthcare) w Pracowni Echokardiografii Klinicznego Centrum Kardiologii Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego w Gdańsku.

Dołożono starań, aby uzyskać wysoką jakość obrazowania z optymalną wizualizacją wolnej ściany i wierzchołka RV w projekcji czterojamowej koniuszkowej skierowanej na RV. Pomiarów dokonywano przy zalecanych wartościach FPS na poziomie 40-80 klatek/sekundę, które w miarę możliwości zwiększano przy występowaniu tachykardii^{68,76}.

Okres końcowoskurczowy wyznaczany był przez klik zamknięcia zastawki tętnicy płucnej mierzony ze spektrum doplerowskiego przepływu przez zastawkę tętnicy płucnej w projekcji przymostkowej w osi krótkiej. Z uwagi na stosowanie algorytmu przeznaczonego LV, czas zamknięcia zastawki tętnicy płucnej był oznakowany przez oprogramowanie jako AVC (ang. *aortic valve closure*). Przy braku zaburzeń przewodnictwa śródkomorowego, czas końcoworozkurczowy był wyznaczany przez oprogramowanie na podstawie zapisu EKG. W innym przypadku czas ten wyznaczano manualnie jako zamknięcie zastawki trójdzielnej uzyskiwane ze spektrum niedomykalności trójdzielnej w doplerze fali ciągłej, w optymalnej projekcji wizualizującej falę zwrotną.

Z uwagi na cienką ścianę RV, granice wsierdzia i nasierdzia wyznaczano manualnie, tak aby uzyskać całą grubość miokardium RV i IVS. Zwracano uwagę, aby ROI nie zawierał osierdzia ani ściany prawego przedsionka. Następnie oprogramowanie aparatu wyróżniało automatycznie sześć segmentów (podstawne- ang. *basal*, środkowe- ang. *mid* i koniuszkowe- ang. *apical*) odpowiadających wolnej ścianie RV oraz IVS. W kolejnym kroku, po zatwierdzeniu dobrej jakości śledzenia, automatycznie generowane były krzywe odkształcenia podłużnego dla każdego z wybranych segmentów. W badanej populacji w każdym przypadku uzyskano dobrą jakość śledzenia wszystkich segmentów. Z krzywych tych odczytywano wartości odkształcenia dla poszczególnych segmentów oraz odkształcenie z całego ROI poprzez uśrednienie wszystkich wartości cząstkowych poszczególnych

krzywych (RV4CSL 2). Zgodnie z zaleceniami RVFWSL obliczano jako średnią arytmetyczną wartości trzech segmentów wolnej ściany RV, przy ROI złożonym z sześciu segmentów (w tym trzech segmentów IVS) ^{77,79}. Ponadto podawano wartość RV4CSL 2 jako odkształcenie podłużne sześciu segmentów RV (czyli z włączeniem IVS) obliczane automatycznie przez oprogramowanie z krzywych odkształcenia. Co więcej w celu pokazania różnic w wynikach przy użyciu odmiennych metod pomiarowych, obliczano RV4CSL 1 jako średnią arytmetyczną wartości odkształcenia sześciu segmentów RV.

Powyższe wartości dotyczyły szczytowej skurczowej wartości odkształcenia podłużnego RV.

3.4.7. Obliczenia statystyczne

Dane numeryczne zostały zgromadzone w arkuszu kalkulacyjnym *MS Excel* (pakiet Office). Dane zostały przeanalizowane i oczyszczone pod względem wartości odstających oraz ewentualnych błędów pomiarów. Przedstawione w tabelach zmienne ilościowe zawierają liczebności, średnie oraz odchylenie standardowe. Założenie normalności ocenione zostało testem Shapiro-Wilka lub na podstawie wykresów kwantylowych normalności. Statystyczną istotność różnic średniego poziomu wartości zmiennych niepowiązanych zweryfikowano parametrycznym testem t dla prób niezależnych z poprawką Welscha. W przypadku porównań średnich poziomów zmiennych zależnych użyto parametrycznego testu t dla prób powiązanych. Dla części wyników wykonano dodatkowo wykresy ramka-wąsy. Siła i kierunek wzajemnej współzależności oceniona została na podstawie analizy statystycznie istotnych współczynników korelacji liniowej Pearsona. Zależności te zobrazowane zostały również odpowiednimi wykresami rozrzutu. W przypadku zależności między danymi jakościowymi w tym frakcji wystąpień, zweryfikowano ją za pomocą odpowiedniego testu χ^2 . Zgodność pomiarów zmiennych ilościowych oceniono na podstawie wykresu Bland-Altmana.

Poziom istotności ustalono jako $\alpha=0.05$, zaś analizę statystyczną przeprowadzono z wykorzystaniem programu STATISTICA 13.1 [Dell Inc. (2016), data analysis software system].

4. WYNIKI

4.1. CHARAKTERYSTYKA KLINICZNA I ECHOKARDIOGRAFICZNA GRUPY BADANEJ

Na podstawie zebranych danych klinicznych oraz echokardiograficznych sporządzono charakterystykę badanej grupy (n=63). Pacjenci prezentowali różny stopień duszności określany skalą NYHA oraz poziom dławicy wysiłkowej opisywany na podstawie skali CCS. Większość pacjentów stanowili mężczyźni, z nadwagą, palący papierosy. Prawie połowa chorowała na HA, część miała cukrzycę i nadużywała alkoholu. Chorzy najczęściej cechowali się prawidłowymi wartościami ciśnienia tętniczego oraz HR. Część pacjentów podawało już w wywiadzie CAD, PCI, stan po implantacji wszczepialnego kardiowertera- defibrylatora (ICD ang. *implantable cardioverter- defibrillator*) lub, w odległym wywiadzie (> 5 lat), pomostowanie aortalno- wieńcowe (CABG, ang. *coronary artery bypass graft*). W EKG u niespełna 1/3 chorych notowano zaburzenia przewodnictwa śródkomorowego. Podobna liczba pacjentów podawała dodatni wywiad rodzinny w kierunku chorób układu sercowo-naczyniowego (tj. HA, MI lub udaru niedokrwienego mózgu). Powszechne było typowe leczenie HF- β -blokerami, inhibitorami enzymu konwertującego angiotensyny (ACE-I) lub blokerami receptora angiotensynowego (ARB), statynami oraz, w mniejszym odsetku, diuretykami. U niespełna 24% chorych doszło do powikłań w czasie hospitalizacji pod postacią wielopoziomowych zaburzeń przewodzenia i zaburzeń rytmu serca, zaostrzenia HF do obrzęku płuc włącznie. 3 chorych zmarło w okresie między pierwszym badaniem, a terminem wizyty kontrolnej.

W badaniu echokardiograficznym stwierdzono obniżoną w stopniu umiarkowanym średnią wartość LVEF, cechy podwyższonego ciśnienia napełniania LV oraz prawidłowe, poza średnimi wartościami RV4CSL i średnią wartością RIMP mierzonego techniką doplera pulsacyjnego (na granicy normy), parametry funkcji skurczowej RV.

Wyniki przedstawiono w tabelach nr 3- 5.

Tabela 3. Charakterystyka kliniczna badanej grupy. Tabela licznosci dla zmiennych ilosciowych.

Badana cecha	Badana grupa (N=63)				
	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Odch.std
Wiek (<i>lata</i>)	64,7	65,00	39,00	86,00	9,7
BMI (<i>kg/m²</i>)	26,8	26,00	16,00	42,00	4,8
SBP (<i>mmHg</i>)	121,6	120,00	95,00	160,00	17,0
DBP (<i>mmHg</i>)	72,4	71,00	45,00	95,00	10,6
HR (<i>uderzeń/min</i>)	74,5	72,00	45,00	110,00	14,7
NYHA	1,8	2,00	1,00	4,00	0,9
CCS	2,6	3,00	0,00	4,00	1,7
Paczkolata	19,0	19,00	0,00	40,00	13,2

BMI-wskaźnik masy ciała; SBP-skurczowe ciśnienie tętnicze; DBP-rozkurczowe ciśnienie tętnicze; HR-częstość akcji serca; skala NYHA-skala do oceny nasilenia objawów niewydolności serca; skala CCS-skala zaawansowania dławicy piersiowej

Tabela 4. Charakterystyka kliniczna badanej grupy. Tabela licznosci dla zmiennych jakościowych.

Badana cecha	Badana grupa (N=63)	
	Liczba	% całości
Mężczyzna	48	76,2%
Wywiad choroby wieńcowej	28	44,4%
Stan po angioplastyce wieńcowej	17	27,0%
Stan po pomostowaniu aortalno -wieńcowym	5	7,9%
Stan po implantacji kardiowertera- defibrylatora	8	12,7%
Nadciśnienie tętnicze	31	49,2%
Cukrzyca	13	20,6%
Nadużywanie alkoholu	11	17,5%
Wywiad rodzinny w kierunku chorób ukł. sercowo- naczyniowego	18	28,6%
LBBB/LBBB-like	14	22,2%
RBBB/RBBB-like	4	6,3%
Powikłania w czasie hospitalizacji	15	23,8%
Zgony	3	4,8%
B-blokery	62	98,4%
ACEI/ARB	58	92,1%
Statyny	59	93,7%
Diuretyki	49	77,8%

LBBB/LBBB- like- blok lewej odnogi pęczka Hisa/ niespecyficzne zaburzenia przewodzenia śródkomorowego; RBBB/RBBB- like- blok prawej odnogi pęczka Hisa/ niespecyficzne zaburzenia przewodzenia śródkomorowego; powikłania w czasie hospitalizacji- zaostrzenie niewydolności serca/ obrzęk płuc, zaburzenia rytmu serca i przewodzenia; ACEI-inhibitory enzymu konwertującego angiotensyny, ARB-antagoniści receptora dla angiotensyny

Tabela 5. Charakterystyka badanej grupy pod względem parametrów echokardiograficznych.

Badane parametry ECHO	Badana grupa (N=63)				
	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Odch.std
LVEF (%)	35,8	39,00	14,00	45,00	8,4
E/e'	17,0	17,00	6,00	29,00	5,9
TAPSE (cm)	1,9	1,90	1,10	2,70	0,4
S' (cm/s)	11,2	11,00	5,00	20,00	2,6
RIMP tkankowy	0,53	0,53	0,26	0,89	0,12
RIMP pulsacyjny	0,44	0,44	0,17	0,76	0,15
FAC (%)	41,1	42,00	22,00	60,00	8,6
IVA (m/s ²)	2,7	2,54	0,70	5,43	0,9
Basal RVFWSL (%)	-23,4	-25,00	-34,00	-7,00	6,5
Mid RVFWSL (%)	-24,2	-26,00	-36,00	-6,00	6,5
Apical RVFWSL (%)	-17,5	-18,00	-31,00	-3,00	6,3
RVFWSL (%)	-21,7	-23,30	-33,00	-6,00	6,0
RV4CSL 2 (%)	-16,2	-17,00	-25,00	-6,00	4,7
RVSepSL (%)	-9,5	-9,30	-17,30	-2,00	4,1
FPS (klatek/s)	68,1	69,00	43,00	89,00	10,3

LVEF-frakcja wyrzutowa lewej komory; E/e'-stosunek prędkości fali wczesnego napływu mitralnego do prędkości rozkurczowej ruchu pierścienia mitralnego; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; IVA- przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory-basal-segmentu podstawnego, mid-segmentu środkowego, apical-segmentu koniuszkowego wolnej ściany prawej komory; RV4CSL 2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane przez oprogramowanie; RVSepSL-odkształcenie podłużne przegrody międzykomorowej; FPS- częstotliwość odświeżania

4.2. KORELACJE PARAMETRÓW FUNKCJI SKURCZOWEJ PRAWEJ KOMORY SERCA

W tabeli nr 6 przedstawiono korelacje RVFWSL, RV4CSL 2, TAPSE oraz S' z wybranymi wskaźnikami klinicznymi oraz echokardiograficznymi. Dwa pierwsze z nich wykazują istotne statystycznie powiązania z wszystkimi badanymi parametrami. Najsilniejszą korelację obserwowano między RV4CSL 2 oraz RVFWSL a LVEF.

Wykazano również, że parametry odkształcenia podłużnego RV oceniane za pomocą STE wykazują istotne statystycznie korelacje z konwencjonalnymi wskaźnikami funkcji skurczowej RV, co zobrazowano w tabeli nr 7. Najsilniejsze powiązania obserwowano kolejno w przypadku RIMP, TAPSE i FAC. Z kolei na rycinie nr 7 przedstawiono bardzo silną korelację wartości RVFWSL i RV4CSL.

Wykazano także dużą zgodność oznaczeń RV4CSL za pomocą dwóch technik pomiarowych opisywanych w rozdziale "Materiał i Metody badawcze", którą przedstawiono na rycinie nr 8 oraz 9.

Tabela 6. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona parametrów funkcji skurczowej prawej komory z wybranymi cechami klinicznymi i echokardiograficznymi.

Badana cecha	Współczynniki korelacji liniowej Pearsona (N=63)			
	RVFWSL	RV4CSL 2	TAPSE	S'
NYHA	0,52	0,52	-0,36	-0,31
LVEF	-0,67	-0,68	0,50	0,39
E/e'	0,54	0,53	-0,33	-0,31
LAA	0,46	0,43	-0,21	-0,37
AcT	-0,58	-0,55	0,31	0,35
TRPG	0,46	0,45	-0,08	-0,30

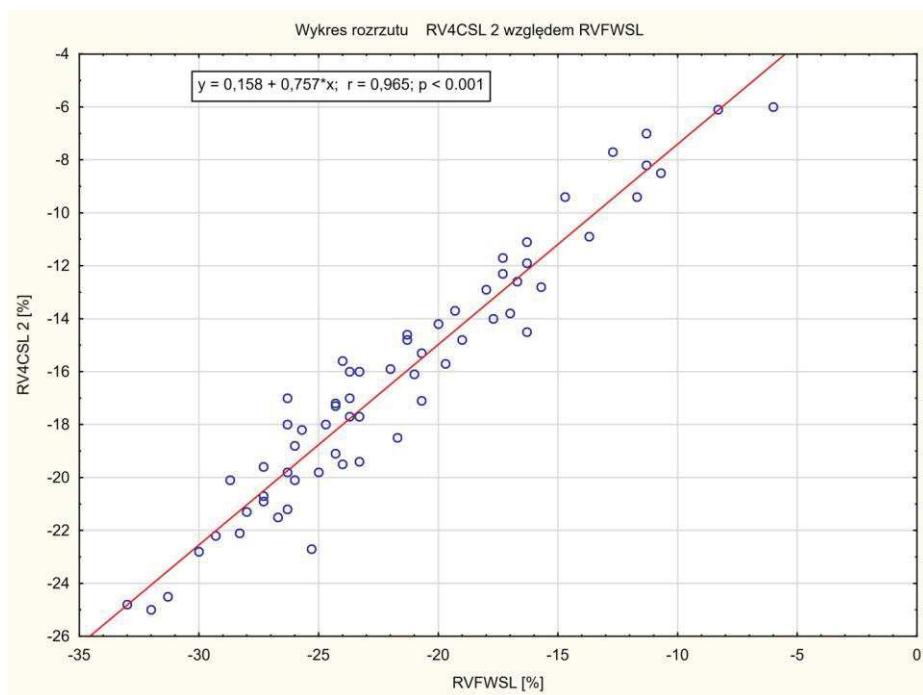
RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; RV4CSL 2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane przez oprogramowanie; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-skurczowa prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; skala NYHA-skala do oceny nasilenia objawów niewydolności serca; LVEF-frakcja wyrzutowa lewej komory; E/e'-stosunek prędkości fali wczesnego napływu mitralnego do prędkości rozkurczowej ruchu pierścienia mitralnego; LAA-pole powierzchni lewego przedsionka; AcT-czas akceleracji przepływu przez zastawkę tętnicy płucnej; TRPG-maksymalny gradient fali niedomykalności trójdzielnej

Tabela 7. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona wartości odkształcenia podłużnego prawej komory z klasycznymi parametrami funkcji skurczowej prawej komory.

Zmienna	Współczynniki korelacji liniowej Pearsona (N=63)	
	RVFWSL	RV4CSL 2
TAPSE	-0,67	-0,66
S'	-0,58	-0,54
RIMP tkankowy	0,62	0,64
RIMP pulsacyjny	0,73	0,70
FAC	-0,62	-0,61
IVA	-0,58	-0,54

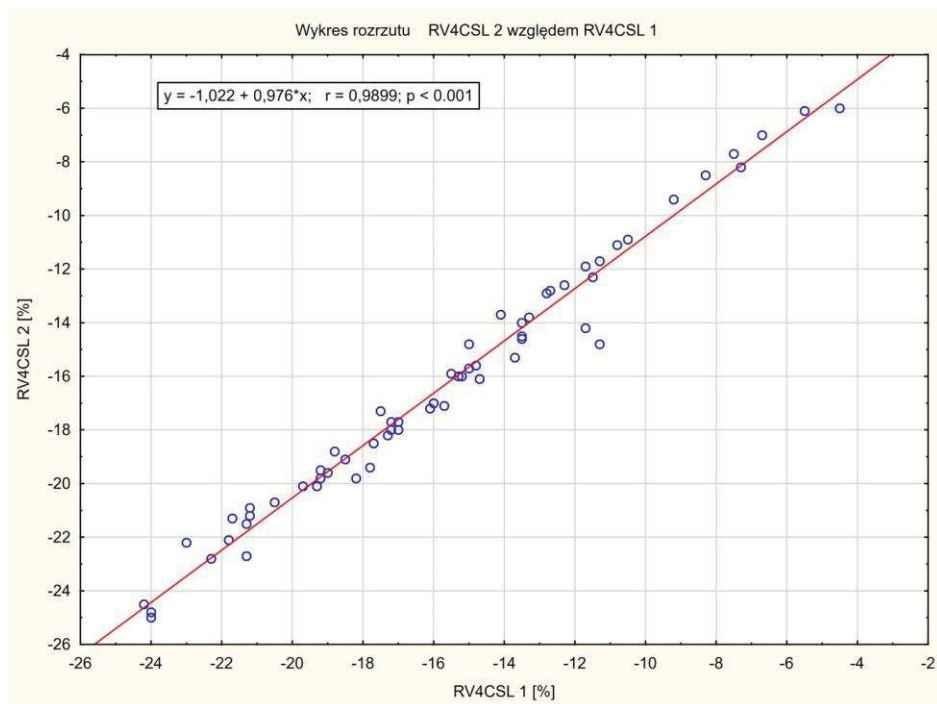
TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-skurczowa prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; IVA-przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; RV4CSL 2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane przez oprogramowanie

Rycina 7. Zależność między odkształceniem podłużnym 6 segmentów prawej komory a odkształceniem podłużnym wolnej ściany prawej komory.



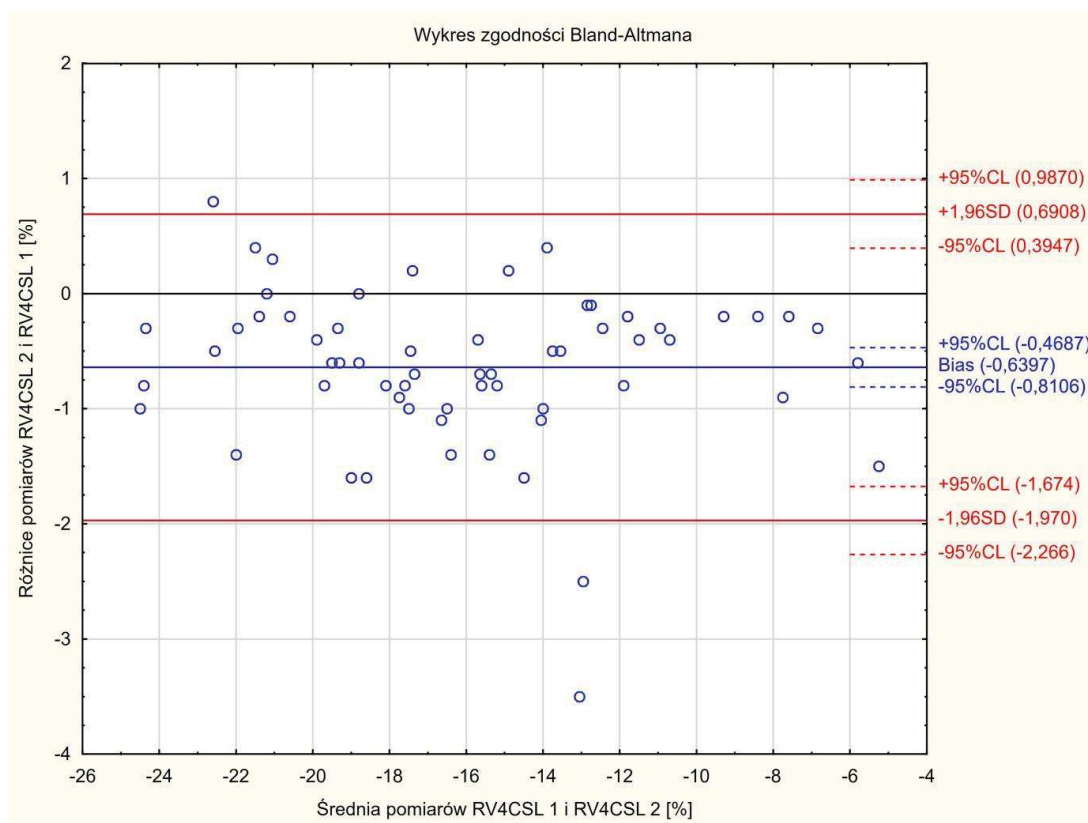
RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; RV4CSL 2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane przez oprogramowanie

Rycina 8. Zależność między odkształceniem podłużnym 6 segmentów prawej komory obliczanym jako średnia arytmetyczna wartości odkształcenia poszczególnych segmentów a obliczanym automatycznie przez oprogramowanie.



RV4CSL-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory, 1- obliczane jako średnia arytmetyczna wartości odkształcenia 6 segmentów, 2- obliczane automatycznie przez oprogramowanie

Rycina 9. Wykres zgodności Bland- Altmana porównujący pomiary odkształcenia podłużnego 6 segmentów prawej komory dwiema technikami.



RV4CSL-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory, 1- obliczane jako średnia arytmetyczna wartości odkształcenia 6 segmentów, 2- obliczane automatycznie przez oprogramowanie

4.3. PORÓWNANIE CECH KLINICZNYCH I ECHOKARDIOGRAFICZNYCH U PACJENTÓW Z PRAWIDŁOWYM I NIEPRAWIDŁOWYM ODKSZTAŁCENIEM PODŁUŻNYM PRAWEJ KOMORY SERCA

W tabelach nr 8 i 9 wykonano porównanie różnych zmiennych u pacjentów z prawidłowym i nieprawidłowym wynikiem RVFWSL. Chorzy z dysfunkcją RV ocenianą za pomocą RVFWSL $> -20\%$, cechowali się istotnie statystycznie gorszymi średnimi wynikami LVEF, odkształcenia podłużnego przegrody międzykomorowej (RVSepSL ang. *right ventricular septal longitudinal strain*), stosunku E/e', powierzchni lewego przedsionka, a także tradycyjnych parametrów funkcji skurczowej RV. Ta kohorta częściej podawała dodatni wywiad w kierunku CAD oraz skarżyła się na bardziej zaawansowaną duszność w klasie III lub IV wg NYHA. Dwie grupy nie różniły się statystycznie pod względem śmiertelności całkowitej, częstości występowania powikłań w czasie hospitalizacji pod postacią obrzęku płuc czy zaburzeń rytmu serca i przewodzenia.

Tabela 8. Porównanie grupy z prawidłowym i nieprawidłowym wynikiem RVFWSL w zakresie parametrów klinicznych.

Zmienna	Testy t dla grup niezależnych (Grupa z prawidłowym RVFWSL- N = 41 vs nieprawidłowym- N = 22)					
	N=41 Średnia	N=22 Średnia	t / Chi2	p	N=41 Odch.std	N=22 Odch.std
NYHA (III lub IV)	3 (7,3%)	8 (36,4%)	8,38	0,004	-----	-----
Wywiad CAD	13 (31,7%)	15 (68,2%)	7,71	0,005	-----	-----
Powikłania hosp.	8 (19,5%)	7 (31,8%)	1,20	0,27	-----	-----
Śmiertelność całkowita	2 (4,9%)	1 (4,5%)	0,003	0,95	-----	-----

NYHA-skala do oceny nasilenia objawów niewydolności serca; CAD- przewlekła choroba niedokrwienna serca; powikłania w czasie hospitalizacji- zaostrenie niewydolności serca/obrzęk płuc, zaburzenia rytmu serca i przewodzenia

Tabela 9. Porównanie grupy z prawidłowym i nieprawidłowym wynikiem RVFWSL w zakresie parametrów echokardiograficznych.

Zmienna	Testy t dla grup niezależnych (Grupa z prawidłowym RVFWSL- N = 41 vs nieprawidłowym- N = 22)					
	N=41 Średnia	N=22 Średnia	t / Chi2	p	N=41 Odch.std	N=22 Odch.std
LVEF (%)	38,9	30,0	4,19	<0,001	6,3	8,8
E/e'	15,0	20,8	-4,16	<0,001	5,4	5,2
LAA (cm ²)	22,6	26,4	-2,81	0,008	4,8	5,3
TAPSE (cm)	2,1	1,6	5,21	<0,001	0,2	0,4
S' (cm/s)	12,3	9,3	5,00	<0,001	2,3	2,2
RIMP tkankowy	0,48	0,62	-4,74	<0,001	0,10	0,12
RIMP pulsacyjny	0,37	0,56	-5,88	<0,001	0,12	0,12
FAC (%)	45,1	33,7	5,93	<0,001	5,9	7,9
IVA (m/s ²)	3,0	2,0	5,17	<0,001	0,9	0,7
RV4CSL 2 (%)	-19,0	-11,1	-10,25	<0,001	2,8	2,9
RVSepSL (%)	-11,3	-6,3	-6,03	<0,001	3,7	2,8

LVEF-frakcja wyrzutowa lewej komory; E/e'-stosunek prędkości fali wczesnego napływu mitralnego do prędkości rozkurczowej ruchu pierścienia mitralnego; LAA-powierzchnia lewego przedsionka; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; IVA- przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego; RV4CSL 2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane przez oprogramowanie; RVSepSL-odkształcenie podłużne przegrody międzykomorowej

4.4. POMIAR ODKSZTAŁCENIA PODŁUŻNEGO PRAWEJ KOMORY SERCA A POZOSTAŁE PARAMETRY

W badanej grupie 63 pacjentów więcej nieprawidłowych wyników uzyskano w przypadku RVFWSL, niż przy ocenie za pomocą TAPSE i S' (tabela nr 10).

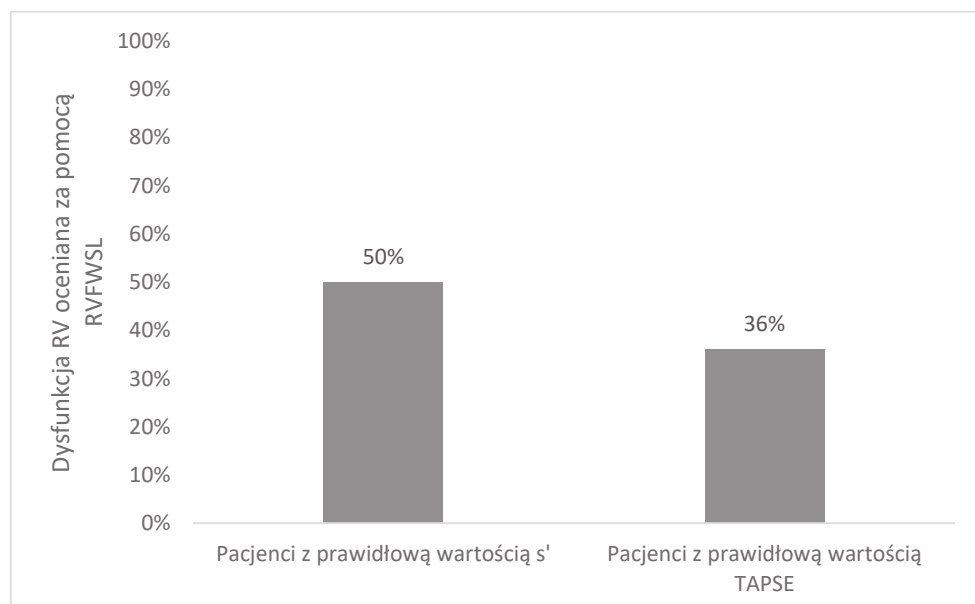
Na wykresie kolumnowym (rycina nr 10) pokazano w jakim procencie prawidłowe wyniki TAPSE i S' wystąpiły w grupie pacjentów z nieprawidłowym wynikiem RVFWSL. Stwierdzono, że połowa chorych z nieprawidłowym wynikiem RVFWSL miała prawidłowy wynik S', a 36% chorych miało prawidłowy wynik TAPSE. Normy przyjęto zgodnie z obowiązującymi zaleceniami dotyczącymi echokardiograficznej oceny jam serca u dorosłych⁶⁰.

Tabela 10. Liczba nieprawidłowych wyników wybranych parametrów funkcji skurczowej prawej komory w grupie badanej.

Parametr funkcji skurczowej prawej komory	Liczba nieprawidłowych wyników w grupie badanej, N=63 (%)
S'	13 (21 %)
TAPSE	15 (24 %)
RVFWSL	22 (35%)

RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; S'-skurczowa prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego

Rycina 10. Częstość występowania niewielkich zaburzeń funkcji skurczowej prawej komory ocenianej za pomocą RVFWSL wśród pacjentów z prawidłowymi wynikami S' i TAPSE.



RV-prawa komora; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; S'-skurczowa prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego

4.5. PORÓWNANIE PODGRUPY BADANEJ I KONTROLNEJ W ZAKRESIE PARAMETRÓW KLINICZNYCH I ECHOKARDIOGRAFICZNYCH

Dane kliniczne i echokardiograficzne zostały zgromadzone w oparciu o zasady opisane w rozdziale „Materiały i Metody badawcze”. Parametry kliniczne i wskaźniki z badania echokardiograficznego zostały porównane w obu podgrupach.

Podgrupy nie różniły się istotnie statystycznie w rozkładzie płci, wieku, wartości BMI oraz ciśnienia tętniczego. Natomiast w podgrupie kontrolnej wykazano istotnie częstsze występowanie cukrzycy, LBBB, wywiadu w kierunku CAD oraz stanu po PCI. W podgrupie kontrolnej średnia wartość HR była istotnie statystycznie niższa, stopień duszności w skali NYHA wyższy, a poziom dławicy w klasie CCS niższy niż w podgrupie badanej.

Jeśli chodzi o parametry echokardiograficzne, to podgrupy różniły się w sposób istotny statystycznie w zakresie średnich wartości LVEF, wymiarów LV i RV, powierzchni obu przedsionków i wszystkich, poza RIMP, parametrów funkcji skurczowej RV, uzyskując znamienne gorsze wyniki w podgrupie kontrolnej. Nie rejestrowano istotnych zmian między podgrupami w zakresie średnich wartości RVSepSL oraz RIMP. Również uzyskana wartość FPS w obu podgrupach była podobna.

Wyniki przedstawiono w tabelach nr 11 i 12.

Tabela 11. Porównanie podgrupy badanej i kontrolnej w zakresie parametrów klinicznych.

Zmienna	Testy t dla grup niezależnych (podgrupa badana N=34 vs kontrolna N=13)					
	N=34 Średnia	N=13 Średnia	t / Chi2	p	N=34 Odch.std	N=13 Odch.std
Mężczyzna	27 (79,4%)	12 (92,3%)	1,12	0,29	---	---
Wiek (lata)	63,6	67,9	-1,77	0,08	10,1	6,1
BMI (kg/m ²)	26,9	27,9	-0,64	0,53	3,7	5,4
SBP (mmHg)	116,3	129,2	-2,08	0,05	12,7	20,9
HR (uderzeń/min)	77,5	64,5	2,98	0,007	12,4	13,7
NYHA	1,4	2,1	-2,51	0,020	0,8	0,8
CCS	3,8	0,5	12,69	<0,001	0,4	0,9
Cukrzyca	2 (5,9%)	5 (38,5%)	7,88	0,005	---	---
Wywiad CAD	6 (17,6%)	12 (92,3%)	22,18	<0,001	---	---
Stan po PCI	4 (11,8%)	7 (53,9%)	9,29	0,002	---	---
LBBB/LBBB-like	4 (11,8%)	7 (53,9%)	9,29	0,002	---	---
Powikłania	11 (32,6%)	1 (7,7%)	3,01	0,08	---	---

BMI-wskaźnik masy ciała; SBP-skurczowe ciśnienie tętnicze; HR-częstość akcji serca; NYHA-skala do oceny nasilenia objawów niewydolności serca; CCS-skala zaawansowania dławicy piersiowej; CAD-przewlekła choroba wieńcowa; PCI-przełukowa interwencja wieńcowa; LBBB/LBBB-like-blok lewej odnogi pęczka Hisa/niespecyficzne zaburzenia przewodzenia śródkomorowego; powikłania w czasie hospitalizacji- zaostrzenie niewydolności serca/obrzęk płuc, zaburzenia rytmu i przewodzenia

Tabela 12. Porównanie podgrupy badanej i kontrolnej w zakresie parametrów echokardiograficznych.

Zmienna ECHO	Testy t dla grup niezależnych (podgrupa badana N=34 vs kontrolna N=13)					
	N=34 Średnia	N=13 Średnia	t / Chi2	p	N=34 Odch.std	N=13 Odch.std
LVEF (%)	39,3	31,4	2,97	0,009	5,7	8,9
LAA (cm ²)	21,3	27,7	-3,76	0,002	3,8	5,6
RAA (cm ²)	16,0	22,2	-3,06	0,009	3,0	7,1
LVESd (cm)	3,9	5,1	-3,56	0,002	0,8	1,0
LVEDd (cm)	5,5	6,4	-3,47	0,003	0,7	0,8
RVIT (cm)	3,6	4,1	-3,32	0,005	0,3	0,6
TAPSE (cm)	2,0	1,7	3,05	0,007	0,3	0,4
S' (cm/s)	12,3	9,3	3,98	0,001	2,3	2,3
IVA (m/s ²)	3,0	2,2	3,39	0,002	0,9	0,7
FAC (%)	43,2	36,4	2,20	0,042	6,9	10,2
RIMP tkankowy	0,51	0,60	-1,96	0,07	0,10	0,16
RIMP pulsacyjny	0,38	0,49	-2,11	0,05	0,11	0,18
RV4CSL 2 (%)	-18,0	-13,9	-2,45	0,03	3,7	5,6
RVFWSL (%)	-24,0	-18,4	-2,73	0,02	4,4	6,9
RVSepSL (%)	-10,6	-8,5	-1,48	0,16	3,8	4,8
FPS (klatek/s)	68,2	68,6	-0,13	0,90	11,0	10,1

LVEF-frakcja wyrzutowa lewej komory; LAA-powierzchnia lewego przedsionka; RAA-powierzchnia prawego przedsionka; LVESd-wymiar końcowoskurczowy lewej komory; LVEDd-wymiar końcoworozkurczowy lewej komory; RVIT-wymiar prawej komory w drodze napływu; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; IVA-przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; RV4CSL 2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane przez oprogramowanie; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; RVSepSL-odkształcenie podłużne przegrody międzykomorowej; FPS-częstotliwość odświeżania

4.6. ANALIZA PARAMETRÓW KLINICZNYCH I ECHOKARDIOGRAFICZNYCH ORAZ ICH ZMIAN W PODGRUPIE BADANEJ

Podgrupa badana złożona była z pacjentów z OZW poddanych skutecznej PCI. Większość pacjentów hospitalizowana była ze STEMI ściany przedniej, najmniej ze STEMI ściany dolnej. Najczęściej wykonywana była PCI LAD. Badanie pacjentów odbywało się średnio po 31 h od PCI. Wyniki przedstawiono w tabelach nr 13 i 14.

Porównano zmiany wybranych parametrów klinicznych oraz echokardiograficznych w podgrupie badanych pacjentów z OZW między pierwszym badaniem przeprowadzonym w czasie hospitalizacji, a drugim wykonywanym po upływie średnio 3,5 miesięcy.

Wykazano znamienne statystycznie obniżenie średniej klasy czynnościowej wg NYHA oraz klasy wg CCS.

Czynność skurczowa LV oceniana za pomocą LVEF była obniżona w stopniu umiarkowanym i zarówno ona, jak i RVSepSL, uległy znamiennej poprawie na wizycie kontrolnej. Średnie wartości parametrów funkcji skurczowej RV były wyjściowo w granicach normy i uległy istotnemu wzrostowi, za wyjątkiem wartości FAC, która również uległa poprawie, nie osiągając jednak znamienności statystycznej. Średnia wartość E/e' była podwyższona i uległa istotnemu zmniejszeniu, wartość IVCT skróceniu, a ET wydłużeniu na wizycie kontrolnej. Wyniki powyższych analiz przedstawiono w tabeli nr 15.

W następnym kroku skorelowano zmiany wartości LVEF ze zmianami wartości parametrów funkcji RV. Za wyjątkiem wartości S' nie obserwowano istotnych statystycznie wskaźników korelacji, co zamieszczono w tabeli nr 16.

Odmienna sytuacja była w przypadku oceny korelacji zmian wartości RVSepSL względem zmian wielkości wskaźników funkcji skurczowej. Wykazano istotne korelacje w zakresie zmian wszystkich parametrów, za wyjątkiem wartości RIMP mierzonego za pomocą doplera tkankowego oraz wartości IVA. Najsilniejsza korelacja (za wyjątkiem RV4CSL 2, którego składową jest RVSepSL i tu oczywista jest bardzo wysoka korelacja) występowała w przypadku RVFWSL. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 17 i na rycinie nr 11.

Tabela 13. Charakterystyka podgrupy badanej w zakresie zmiennych ilościowych.

Zmienna	Statystyki opisowe – podgrupa badana (N=34)				
	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Odch.std
Czas od PCI (<i>h</i>)	31,3	30,0	-30,0	76,00	24,9
TnT HS (<i>ng/ml</i>)	5,53	3,62	0,01	15,66	5,3

PCI- przeszłokórna interwencja wieńcowa; TnT HS- wysokoczuła troponina sercowa T

Tabela 14. Charakterystyka podgrupy badanej w zakresie zmiennych jakościowych.

Zmienna	Tabela licznosci – podgrupa badana (N=34)		
	Kategoria	Liczba	% całości
STEMI ściany przedniej	TAK	19	55,9%
STEMI ściany dolnej	TAK	2	5,9%
STEMI ściany bocznej	TAK	3	8,8%
NSTEMI	TAK	9	26,5%
Niestabilna choroba wieńcowa	TAK	3	8,8%
Angioplastyka LAD	TAK	27	79,4%
Angioplastyka RCA	TAK	7	20,6%
Angioplastyka Cx	TAK	7	20,6%

STEMI-zawał serca z uniesieniem odcinka ST; NSTEMI-zawał serca bez przetrwałego odcinka ST; LAD-gałąź przednia zstępująca; RCA-prawa tętnica wieńcowa, Cx-gałąź okalająca

Tabela 15. Porównanie cech klinicznych i echokardiograficznych w podgrupie badanej w badaniu pierwszym i kontrolnym.

Badana cecha	Test t dla prób zależnych (N=34)			
	Średnia	Odch.st.	t	p
NYHA_1	1,4	0,8	2,54	0,02
NYHA_2	1,2	0,4		
CCS_1	3,8	0,4	48,64	<0,001
CCS_2	0,03	0,2		
Frakcja wyrzutowa lewej komory_1 (%)	39,3	5,7	-8,79	<0,001
Frakcja wyrzutowa lewej komory_2 (%)	48,8	8,1		
E/e' _1	16,5	5,1	4,79	<0,001
E/e' _2	12,4	4,7		
IVCT_1 (ms)	76,0	13,7	2,16	0,04
IVCT_2 (ms)	71,2	15,0		
Czas wyrzutu płucnego_1 (ms)	286,7	29,0	-6,04	<0,001
Czas wyrzutu płucnego_2 (ms)	319,7	22,3		
TAPSE_1 (cm)	2,0	0,3	-4,87	<0,001
TAPSE_2 (cm)	2,3	0,3		
S' _1 (cm/s)	12,3	2,3	-2,58	0,02
S' _2 (cm/s)	13,2	2,1		
RIMP tkankowy_1	0,51	0,10	6,11	<0,001
RIMP tkankowy_2	0,42	0,08		
RIMP pulsacyjny_1	0,38	0,11	3,68	0,001
RIMP pulsacyjny_2	0,31	0,08		
FAC_1 (%)	43,2	6,9	-1,92	0,06
FAC_2 (%)	45,9	6,2		
IVA_1 (m/s ²)	3,0	0,9	-2,11	0,04
IVA_2 (m/s ²)	3,3	0,9		
RV4CSL 2_1 (%)	-18,0	3,7	6,98	<0,001
RV4CSL 2_2 (%)	-22,2	3,5		
RVFWSL_1 (%)	-24,0	4,4	5,07	<0,001
RVFWSL_2 (%)	-27,8	4,3		
RVSepSL_1 (%)	-10,6	3,8	6,57	<0,001
RVSepSL_2 (%)	-15,1	4,3		

_1 wartości uzyskane w pierwszym badaniu, _2 wartości uzyskane w badaniu kontrolnym

NYHA-skala do oceny nasilenia objawów niewydolności serca; CCS-skala zaawansowania dławicy piersiowej; E/e'-stosunek prędkości fali wczesnego napływu mitralnego do prędkości rozkurczowej ruchu pierścienia mitralnego; IVCT-czas skurczu izowolumetrycznego; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; IVA- przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego RV4CSL 2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane automatycznie przez oprogramowanie; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory, RVSepSL-odkształcenie podłużne przegrody międzykomorowej

Tabela 16. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona zmian parametrów funkcji skurczowej prawej komory ze zmianami frakcji wyrzutowej lewej komory.

Zmienna	Współczynnik korelacji liniowej Pearsona (N=34)
	Zmiana LVEF
Zmiana TAPSE	0,13 (p=0,45)
Zmiana S'	0,36 (p=0,03)
Zmiana RIMP tkankowy	-0,32 (p=0,07)
Zmiana RIMP pulsacyjny	-0,21 (p=0,25)
Zmiana FAC	0,16 (p=0,38)
Zmiana IVA	0,14 (p=0,43)
Zmiana RVFWSL	-0,08 (p=0,67)
Zmiana RV4CSL2	-0,15 (p=0,41)

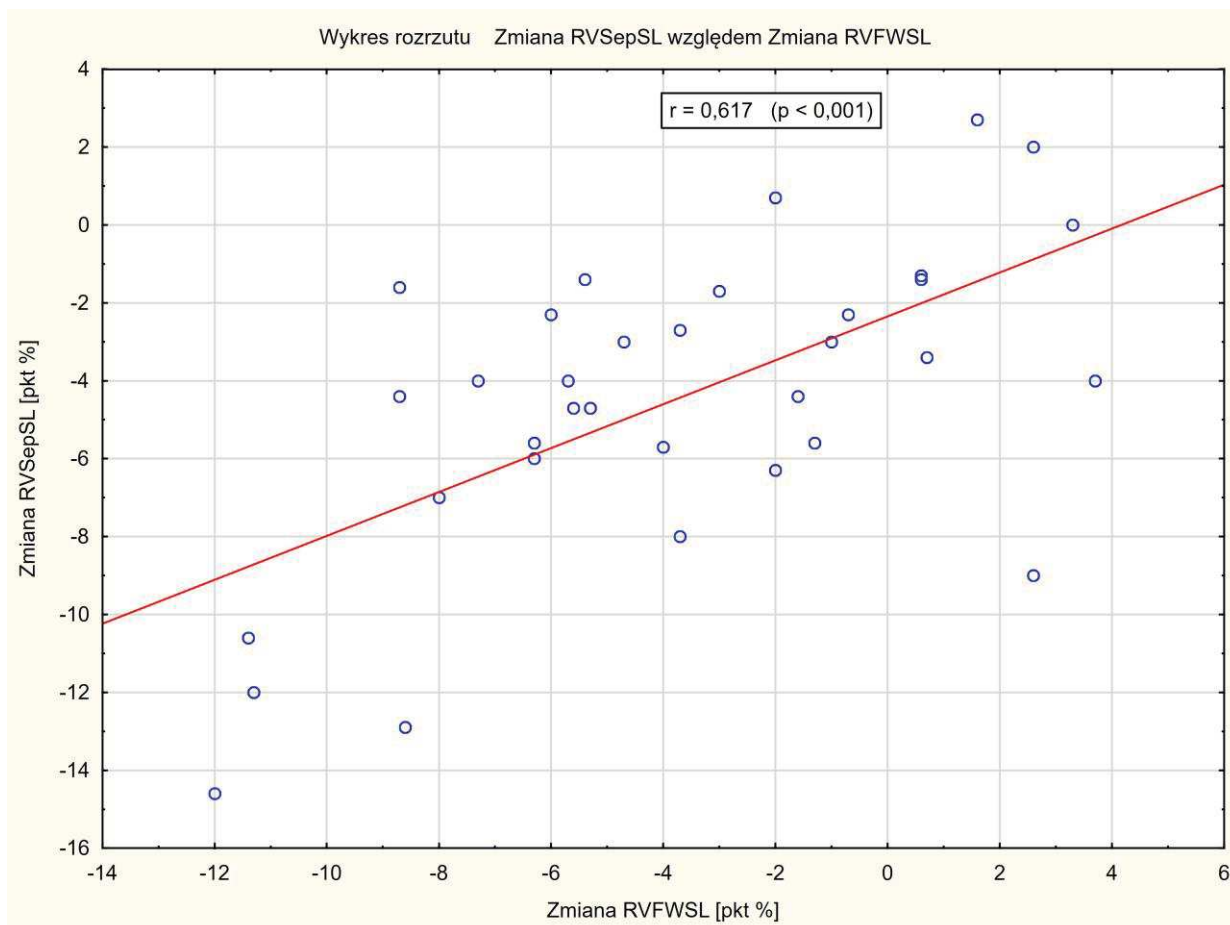
LVEF-frakcja wyrzutowa lewej komory; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; IVA- przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; RV4CSL2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane automatycznie przez oprogramowanie

Tabela 17. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona zmian parametrów funkcji skurczowej prawej komory ze zmianami odkształcenia podłużnego przegrody międzykomorowej.

Zmienna	Współczynnik korelacji liniowej Pearsona (N=34)
	Zmiana RVSepSL
Zmiana TAPSE	-0,43 (p=0,01)
Zmiana S'	-0,36 (p=0,04)
Zmiana RIMP tkankowy	0,32 (p=0,07)
Zmiana RIMP pulsacyjny	0,54 (p=0,001)
Zmiana FAC	-0,35 (p=0,05)
Zmiana IVA	-0,06 (p=0,75)
Zmiana RVFWSL	0,62 (p<0,001)
Zmiana RV4CSL2	0,85 (p<0,001)

TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; IVA- przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; RV4CSL2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane automatycznie przez oprogramowanie; RVSepSL-odkształcenie podłużne przegrody międzykomorowej

Rycina 11. Zależność między zmianami odkształcenia podłużnego wolnej ściany prawej komory a zmianami odkształcenia podłużnego przegrody międzykomorowej.



RVSepSL- odkształcenie podłużne przegrody międzykomorowej; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory

4.7. ANALIZA ZMIAN PARAMETRÓW ECHOKARDIOGRAFICZNYCH W PODGRUPIE KONTROLNEJ

Podobnie jak w przypadku podgrupy badanej, wykonano badanie kontrolne po upływie średnio 3,7 miesięcy i porównano zmiany wartości wskaźników echokardiograficznych. Nie obserwowano znamiennych zmian ani w zakresie średnich wartości LVEF, ani parametrów funkcji skurczowej RV, co zobrazowano w tabeli nr 18.

Tabela 18. Porównanie cech echokardiograficznych w podgrupie kontrolnej w badaniu pierwszym i kontrolnym.

Zmienna	Test t dla prób zależnych (N=13)			
	Średnia	Odch.st.	t	p
LVEF_1 (%)	31,4	8,9	-0,48	0,64
LVEF_2 (%)	31,9	9,0		
TAPSE_1 (cm)	1,7	0,4	-0,20	0,85
TAPSE_2 (cm)	1,7	0,4		
S'_1 (cm/s)	9,3	2,3	-1,20	0,25
S'_2 (cm/s)	9,9	2,5		
RIMP tkankowy_1	0,60	0,16	0,43	0,67
RIMP tkankowy_2	0,59	0,13		
RIMP pulsacyjny_1	0,49	0,18	0,53	0,61
RIMP pulsacyjny_2	0,48	0,17		
FAC_1 (%)	36,4	10,2	0,03	0,98
FAC_2 (%)	36,3	8,9		
IVA_1 (m/s ²)	2,2	0,7	-0,60	0,56
IVA_2 (m/s ²)	2,2	0,6		
RVFWSL_1 (%)	-18,4	6,9	-0,52	0,61
RVFWSL_2 (%)	-17,8	6,0		
RV4CSL 2_1 (%)	-13,9	5,6	-0,34	0,74
RV4CSL 2_2 (%)	-13,6	5,1		
RVSepSL_1 (%)	-8,5	4,8	0,73	0,48
RVSepSL_2 (%)	-8,9	4,7		

_1 wartości uzyskane w pierwszym badaniu, _2 wartości uzyskane w badaniu kontrolnym

LVEF-frakcja wyrzutowa lewej komory; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; IVA- przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; RV4CSL 2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane automatycznie przez oprogramowanie; RVSepSL-odkształcenie podłużne przegrody międzykomorowej

4.8. OCENA WYBRANYCH PARAMETRÓW ECHOKARDIOGRAFICZNYCH I LABORATORYJNYCH W ZALEŻNOŚCI OD TĘTNICY PODDANEJ ANGIOPLASTYCE WIEŃCOWEJ

Poddano analizie wybrane parametry funkcji skurczowej i rozkurczowej LV, tradycyjne i nowsze wskaźniki funkcji skurczowej RV oraz TnT, w zależności od naczynia poddanego PCI w czasie OZW. Nie wykazano istotnych różnic w ich zakresie u pacjentów po PCI LAD i RCA (tabele nr 19 i 20). Jedynie u chorych po PCI gałęzi okalającej LCA (Cx ang. *circumflex artery*) średnie wartości odkształcenia podłużnego były istotnie statystycznie wyższe w porównaniu do pozostałych pacjentów (tabela nr 21).

Tabela 19. Porównanie wartości parametrów echokardiograficznych i troponiny T w grupie pacjentów poddanych angioplastyce gałęzi przedniej zstępującej i u pozostałych chorych.

Zmienna	Testy t dla grup niezależnych (Grupa PCI LAD = 32 vs pozostali = 8)					
	Średnia, PCI LAD	Średnia, Pozostali	t	p	Odch.std, PCI LAD	Odch.std, Pozostali
LVEF (%)	37,7	39,8	-1,04	0,31	7,6	4,0
E/e'	16,1	17,8	-0,89	0,39	5,3	4,6
TAPSE (cm)	2,0	2,0	-0,27	0,79	0,3	0,3
S' (cm/s)	12,1	12,0	0,07	0,94	2,3	2,2
FAC (%)	43,4	41,6	0,80	0,44	6,9	5,2
RIMP pulsacyjny	0,41	0,38	0,71	0,49	0,13	0,13
RIMP tkankowy	0,52	0,49	0,72	0,49	0,09	0,11
IVA (m/s ²)	3,0	2,5	2,03	0,06	0,9	0,6
RVFWSL (%)	-23,2	-23,4	0,12	0,91	5,0	4,9
RV4CSL 2 (%)	-17,2	-17,7	0,32	0,76	4,0	4,7
RVSepSL (%)	-9,7	-10,9	0,65	0,53	3,9	4,7
TnT HS (ng/ml)	5,2	4,1	0,76	0,46	5,5	3,4

PCI-przezskórna interwencja wieńcowa; LAD-gałąź przednia zstępująca; LVEF-frakcja wyrzutowa lewej komory; E/e'-stosunek prędkości fali wczesnego napływu mitralnego do prędkości rozkurczowej ruchu pierścienia mitralnego; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; IVA-przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; RV4CSL 2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane automatycznie przez oprogramowanie; RVSepSL-odkształcenie podłużne przegrody międzykomorowej; TnT HS-troponina sercowa T wysokoczuła

Tabela 20. Porównanie wartości parametrów echokardiograficznych i troponiny T w grupie pacjentów poddanych angioplastyce prawej tętnicy wieńcowej i u pozostałych chorych.

Zmienna	Testy t dla grup niezależnych (Grupa PCI RCA= 7 vs pozostali = 33)					
	Średnia, PCI RCA	Średnia, Pozostali	t	p	Odch.std, PCI RCA	Odch.std, Pozostali
LVEF (%)	39,1	37,9	0,51	0,62	5,5	7,4
E/e'	18,0	16,1	0,93	0,38	4,9	5,2
TAPSE (cm)	2,1	2,0	0,48	0,64	0,4	0,3
S' (cm/s)	11,9	12,1	-0,40	0,69	1,1	2,4
FAC (%)	42,7	43,1	-0,14	0,89	7,0	6,6
RIMP pulsacyjny	0,42	0,40	0,38	0,72	0,13	0,13
RIMP tkankowy	0,47	0,52	-0,89	0,40	0,15	0,08
IVA (m/s ²)	2,5	3,0	-1,63	0,14	0,8	0,9
RVFWSL (%)	-21,6	-23,6	0,87	0,41	5,7	4,8
RV4CSL 2 (%)	-16,5	-17,4	0,47	0,65	4,9	3,9
RVSepSL (%)	-11,1	-9,7	-0,73	0,49	4,6	4,0
TnT HS (ng/ml)	3,4	5,4	-1,35	0,20	2,9	5,5

PCI-przeznaskórna interwencja wieńcowa; RCA-prawa tętnica wieńcowa; LVEF-frakcja wyrzutowa lewej komory; E/e'-stosunek prędkości fali wczesnego napływu mitralnego do prędkości rozkurczowej ruchu pierścienia mitralnego; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; IVA- przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; RV4CSL 2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane automatycznie przez oprogramowanie; RVSepSL-odkształcenie podłużne przegrody międzykomorowej; TnT HS-troponina sercowa T wysokoczuła

Tabela 21. Porównanie wartości parametrów echokardiograficznych i troponiny T w grupie pacjentów poddanych angioplastyce gałęzi okalającej i u pozostałych chorych.

Zmienna	Testy t dla grup niezależnych (Grupa PCI Cx= 8 vs pozostali = 32)					
	Średnia, PCI Cx	Średnia, Pozostali	t	p	Odch.std, PCI Cx	Odch.std, Pozostali
LVEF (%)	35,6	38,3	-0,19	0,86	8,8	6,7
E/e'	17,6	16,1	0,78	0,45	4,8	5,3
TAPSE (cm)	2,1	2,0	1,16	0,27	0,3	0,3
S' (cm/s)	12,3	12,0	0,30	0,77	2,1	2,3
FAC (%)	41,8	43,4	-0,70	0,49	5,6	6,9
RIMP pulsacyjny	0,37	0,41	-0,81	0,44	0,13	0,13
RIMP tkankowy	0,48	0,52	-0,76	0,46	0,11	0,09
IVA (m/s ²)	2,6	3,0	-1,76	0,09	0,4	1,0
RVFWSL (%)	-25,8	-22,6	-2,71	0,01	2,2	5,2
RV4CSL 2 (%)	-19,4	-16,8	-2,29	0,03	2,4	4,2
RVSepSL (%)	-11,3	-9,6	-1,03	0,33	4,2	4,0
TnT HS (ng/ml)	3,2	5,5	-1,55	0,14	3,0	5,5

PCI-przeznaskórna interwencja wieńcowa; Cx-gałąź okalająca; LVEF-frakcja wyrzutowa lewej komory; E/e'-stosunek prędkości fali wczesnego napływu mitralnego do prędkości rozkurczowej ruchu pierścienia mitralnego; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; S'-prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego; FAC-zmiana pola powierzchni prawej komory; RIMP-wskaźnik sprawności prawej komory; IVA- przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; RV4CSL 2-odkształcenie podłużne 6 segmentów prawej komory obliczane automatycznie przez oprogramowanie; RVSepSL-odkształcenie podłużne przegrody międzykomorowej; TnT HS-troponina sercowa T wysokoczuła

4.9. OCENA ZMIAN FUNKCJI SKURCZOWEJ PRAWEJ KOMORY SERCA W ZALEŻNOŚCI OD TĘTNICY ODPOWIEDZIALNEJ ZA NIEDOKRWIENIE

Zarówno średnia wartość TAPSE, jak i RVFWSL wzrosły w podgrupie pacjentów badanych po średnio 3,5 miesiącach od ostrej fazy OZW. Poprawa ta obserwowana była zarówno w przypadku wykonania PCI LAD, RCA, jak i Cx, ale istotność statystyczną osiągnięto jedynie w przypadku dwóch pierwszych tętnic.

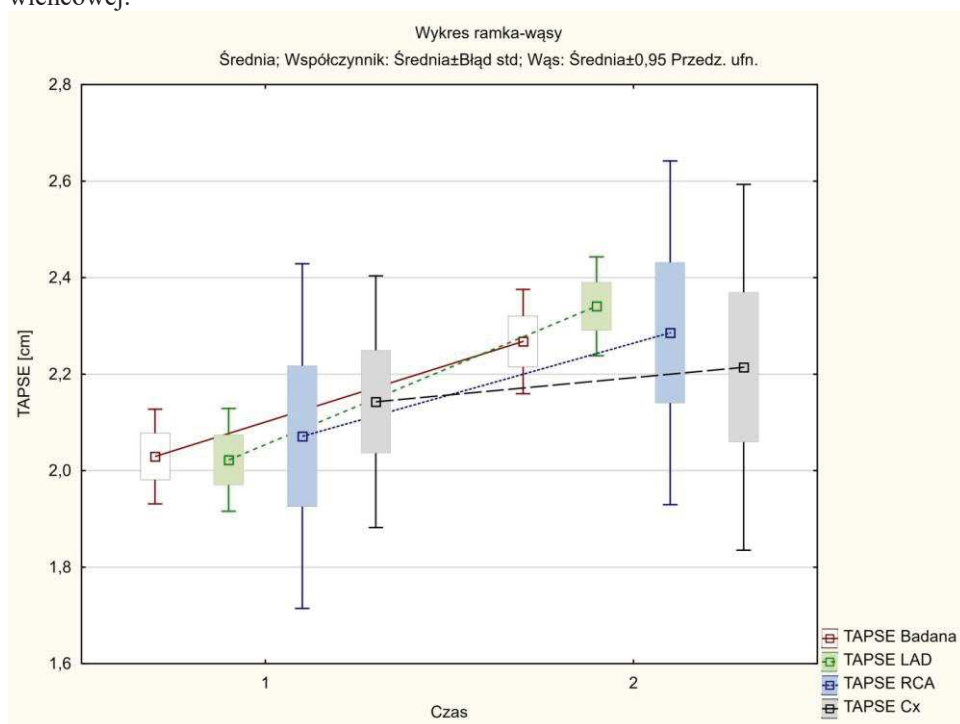
Powyższe wyniki przedstawiono w tabeli nr 22 oraz na rycinach nr 12 i 13.

Tabela 22. Porównanie zmian TAPSE i RVFWSL w podgrupie badanej w zależności od tętnicy poddanej angioplastyce wieńcowej.

Zmienna	Podgrupa	Test t dla prób zależnych				
		Średnia	Odch.st.	N	t	p
TAPSE_1 (cm)	Badana	2,0	0,3	34	-4,87	<0,001
TAPSE_2 (cm)		2,3	0,3			
RVFWSL_1 (%)	Badana	-24,0	4,4	34	5,07	<0,001
RVFWSL_2 (%)		-27,8	4,3			
TAPSE_1 (cm)	LAD	2,0	0,3	27	-6,71	<0,001
TAPSE_2 (cm)		2,3	0,3			
RVFWSL_1 (%)	LAD	-24,3	4,2	27	5,10	<0,001
RVFWSL_2 (%)		-28,6	3,8			
TAPSE_1 (cm)	RCA	2,1	0,4	7	-3,20	0,02
TAPSE_2 (cm)		2,3	0,4			
RVFWSL_1 (%)	RCA	-21,6	5,7	7	3,0	0,02
RVFWSL_2 (%)		-26,6	5,0			
TAPSE_1 (cm)	Cx	2,1	0,3	7	-0,46	0,67
TAPSE_2 (cm)		2,2	0,4			
RVFWSL_1 (%)	Cx	-25,7	2,3	7	-0,46	0,67
RVFWSL_2 (%)		-26,5	5,0			

_1 wartości uzyskane w pierwszym badaniu, _2 wartości uzyskane w badaniu kontrolnym
LAD-gałąź przednia zstępująca; RCA-prawa tętnica wieńcowa; Cx-gałąź okalająca; TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory

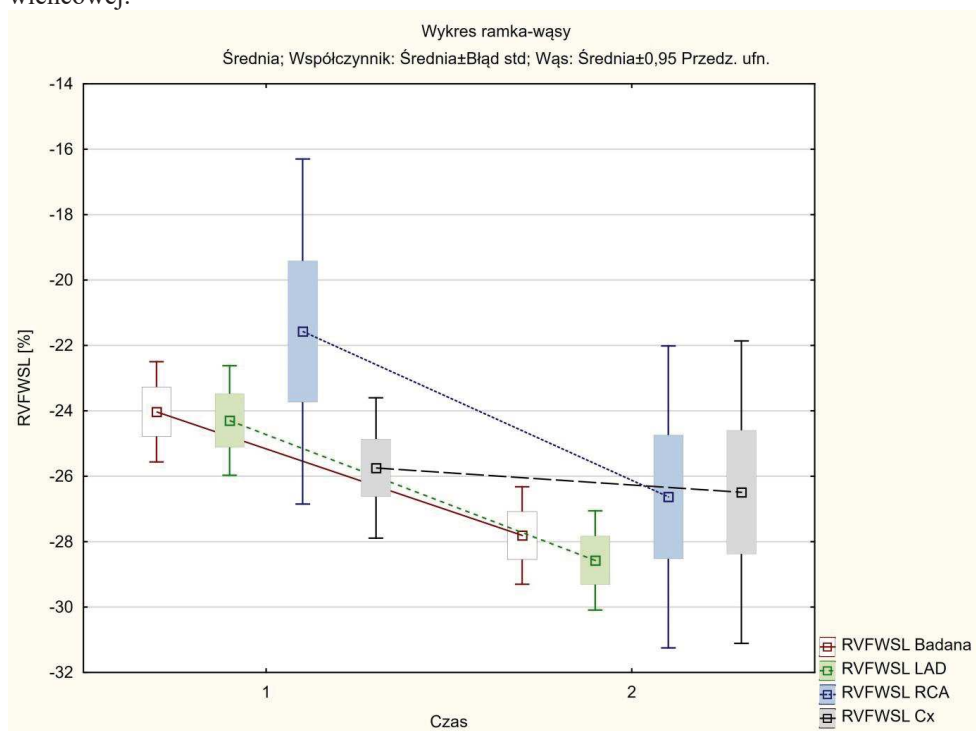
Rycina 12. Porównanie zmian TAPSE w podgrupie badanej w zależności od tętnicy poddanej angioplastyce wieńcowej.



1 wartości uzyskane w pierwszym badaniu; 2 wartości uzyskane w badaniu kontrolnym

TAPSE-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego; TAPSE Badana-amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego w podgrupie badanej; LAD-gałąź przednia zstępująca; RCA-prawa tętnica wieńcowa; Cx-gałąź okalająca

Rycina 13. Porównanie zmian RVFWSL w podgrupie badanej w zależności od tętnicy poddanej angioplastyce wieńcowej.



1 wartości uzyskane w pierwszym badaniu; 2 wartości uzyskane w badaniu kontrolnym

RVFWSL-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory; RVFWSL Badana-odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory w podgrupie badanej; LAD-gałąź przednia zstępująca; RCA-prawa tętnica wieńcowa; Cx-gałąź okalająca

5. DYSKUSJA

5.1. CHARAKTERYSTYKA KLINICZNA I ECHOKARDIOGRAFICZNA GRUPY BADANEJ

W niniejszej pracy grupę badaną stanowiło 63 pacjentów z obniżoną LVEF $\leq 45\%$ na tle niedokrwiennym przyjmowanych do oddziału zarówno w trybie nagłym, jak i planowym. Z danych epidemiologicznych wynika, iż na chorobę wieńcową częściej chorują mężczyźni, szczególnie w wieku 40-55 lat, a w grupie osób starszych zapadalność na tę chorobę jest dla obu płci porównywalna. W badanej kohorcie większość stanowili mężczyźni, a średni wiek pacjentów wynosił 64,7 lat. Oprócz płci męskiej oraz starszego wieku do niemodyfikowanych czynników ryzyka chorób układu sercowo- naczyniowego zaliczamy również już uprzednio stwierdzoną obecność chorób układu krążenia, a także dodatni wywiad rodzinny w ich kierunku.

Modyfikowalne czynniki ryzyka choroby wieńcowej to takie, na które można mieć wpływ poprzez odpowiednią terapię lub modyfikację stylu życia. Zaliczamy do nich:

1. nadciśnienie tętnicze
2. zaburzenia lipidowe
3. cukrzycę
4. palenie tytoniu
5. nadwagę/otyłość
6. brak/niską aktywność fizyczną
7. nieprawidłowe odżywianie
8. nadużywanie alkoholu
9. stres
10. podwyższony poziom kwasu moczowego we krwi.

W ocenie ryzyka sercowo-naczyniowego od lat stosowany jest system SCORE (ang. *Systematic Coronary Risk Estimation*). Karta SCORE ocenia 10-letnie ryzyko wystąpienia choroby układu sercowo-naczyniowego zakończonej zgonem w krajach o wysokim ryzyku sercowo-naczyniowym, na podstawie czynników ryzyka takich jak: wiek, płeć, palenie tytoniu, skurczowe ciśnienie tętnicze, cholesterol całkowity. W 2015 roku opublikowano

uaktualnione tabele pozwalające na ocenę ryzyka sercowo-naczyniowego w Polsce: Pol-SCORE 2015.

W badanej populacji oceniono występowanie niektórych spośród ww. klasycznych czynników ryzyka chorób układu sercowo-naczyniowego, m.in. nadwagi/ otyłości, HA, cukrzycy, nikotynizmu, nadużywania alkoholu, i potwierdzono ich częstą obecność wśród pacjentów z CAD.

Jako że najczęstszymi objawami CAD jest dławica wysiłkowa oceniana za pomocą skali CCS, a HF duszność określana skalą NYHA, w obecnym badaniu posługiwano się ww. skalami do oceny zgłaszanych przez chorych objawów, a w późniejszym etapie wykorzystano je do pomiaru korelacji z różnymi parametrami klinicznymi i echokardiograficznymi.

Wśród pacjentów z OZW występowanie nowego LBBB jest jednym z kryteriów rozpoznania STEMI, a RBBB jest uważany za czynnik niekorzystny rokowniczo w tej grupie chorych ⁵³. Wśród pacjentów z HF obniżoną LVEF rośnie częstość występowania zarówno LBBB, jak i RBBB ^{97,98}. Do leków zalecanych w HF z obniżoną LVEF są ACEI, β -blokery, antagoniści receptora mineralokortykoidowego, a w wybranych grupach chorych ARB i diuretyki pętlowe ⁹⁹. Leczenie statynami jest wskazane u wszystkich chorych z chorobą wieńcową bez przeciwwskazań ⁹³. Rozpowszechnienie terapii ww. lekami w badanej kohorcie było bardzo wysokie.

Ocena funkcji skurczowej RV stanowi istotny element badania pacjentów z dysfunkcją LV, gdyż współwystępowanie niewydolności RV w tej grupie chorych jest czynnikiem niekorzystnym rokowniczo ^{42-45,81}. Echokardiograficzna ocena pracy RV jest trudnym zadaniem z uwagi na położenie blisko przedniej części klatki piersiowej, co sprzyja powstawaniu artefaktów, skomplikowaną budowę, bogate beleczkowanie utrudniające detekcję granic wsierdza oraz dużą zależność dostępnych parametrów funkcji skurczowej RV od warunków napełniania ¹⁹. Ponadto brakuje jednego, idealnego wskaźnika opisującego pracę RV, a informacje płynące z pomiarów za pomocą klasycznych parametrów często prowadzą do sprzecznych wniosków. Nowsze techniki obrazowania, takie jak pomiar odkształcenia podłużnego RV, pokonują niektóre ograniczenia wynikające z klasycznych pomiarów, a także dostarczają dodatkowych informacji o funkcjonowaniu RV. W literaturze dostępnych jest wiele badań wykorzystujących odkształcenie podłużne RV do oceny

globalnej funkcji RV, które potwierdzają przydatność tej metody^{39-41,55,81-86}. Termin „globalne” odkształcenie podłużne RV jest mylące. W różnych pracach naukowych dotyczyło ono albo RV4CSL, albo RVFWSL^{78,100}. Wartości te znacząco różnią się od siebie. Na podstawie dostępnych z prac naukowych danych dotyczących wartości prawidłowych odkształcenia podłużnego RV, RVFWSL przyjmuje większe wartości bezwzględne niż RV4CSL^{79,87-90}. Dlatego też tak ważne jest dokładne raportowanie jaka metoda była używana do określenia odkształcenia podłużnego RV, gdyż wyniki są odmienne dla różnych metod^{60,76}. Ponadto w obu sytuacjach termin „globalne” w rzeczywistości nie znaczy dosłownie „dotyczące całej RV”, gdyż udział drogi odpływu oraz pozostałych ścian RV nie jest brany pod uwagę przy pomiarach¹⁰¹.

Zgodnie z założeniem do niniejszego badania zostali włączeni pacjenci z niedokrwienną dysfunkcją LV z LVEF $\leq 45\%$. U większości zrekrutowanych chorych obserwowano upośledzoną funkcję rozkurczową LV wyrażaną poprzez stosunek E/e', co jest spójne z wynikami badań naukowych potwierdzającymi fakt, iż obniżonej funkcji skurczowej LV towarzyszy jej dysfunkcja rozkurczowa⁹⁹. W badanej populacji stwierdzono obniżoną średnią wartość RVSepSL, co wynika z upośledzonej kurczliwości IVS. Średnie wartości RV4CSL były nieprawidłowe, a RVFWSL mieściły się w granicach normy, co również jest efektem uszkodzenia IVS. Średnia wartość RV4CSL 2 wynosiła ok. -16 %. Mimo że w ostatnich zaleceniach z 2015 r. nie wyznaczono granicy normy tego parametru, to na podstawie doniesień z literatury wskaźnik ten wydaje się być obniżony^{60,79,88}. Jak wspomniano wcześniej wynika to z faktu, że nie opisuje on jedynie RV, ale również, uszkodzoną w tym badaniu, LV. Pozostałe parametry funkcji skurczowej RV, za wyjątkiem średniej wartości RIMP ocenianego metodą doplera pulsacyjnego, która była nieco powyżej normy, pozostawały w zakresie wartości prawidłowych, co omówiono w kolejnych podrozdziałach pracy.

Średnie wartości *mid* RVFWSL były wyższe niż *basal* i *apical* RVFWSL, co jest spójne z doniesieniami z literatury⁷⁹. Możliwość oceny segmentalnej przy pomocy STE stanowi dodatkowy atut tej metody w porównaniu z klasycznymi parametrami i umożliwia lepsze zrozumienie, czy dysfunkcja RV wynika z zaburzeń kurczliwości globalnej, czy odcinkowej. Niemniej jednak trzeba podkreślić dużą zmienność pomiarów *basal* i *apical* RVFWSL. Śledzenie segmentów podstawnych RV może być utrudnione z uwagi na gwałtowne ruchy pierścienia trójdzielnego, a segmentów koniuszkowych z powodu

kształtu wierzchołka RV, o wąskim kącie odejścia. Ponadto używany algorytm do STE był pierwotnie dedykowany ocenie miokardium LV i w teorii może zakładać pewne założenia geometryczne utrudniające analizę segmentów koniuszkowych zarówno wolnej ściany RV, co omówiono powyżej, jak i IVS (segment koniuszkowy IVS nie jest jednakowy dla LV i RV) ^{77,80}.

5.2. KORELACJE PARAMETRÓW FUNKCJI SKURCZOWEJ PRAWEJ KOMORY SERCA

Jak wspomniano wcześniej, brakuje referencyjnego wskaźnika echokardiograficznego opisującego funkcję skurczową RV. Z tego też powodu poszukuje się nowych technik do oceny jej czynności. Pomiar odkształcenia podłużnego RV za pomocą STE jest użytecznym narzędziem do oceny kurczliwości RV, co potwierdzono również w niniejszym badaniu.

Wykazano istotne korelacje między zarówno RVFWSL, jak i RV4CSL a takimi parametrami jak: LVEF, stosunek E/e' , powierzchnia lewego przedsionka, AcT, TRPG, a także cechami klinicznymi (NYHA). Oceniono również korelacje między TAPSE i S' a ww. wskaźnikami uzyskując najczęściej mniej silne powiązania. Podobne dane uzyskano w pracy Iacoviello i wsp. Autorzy pokazali, iż RVFWSL oraz RV4CSL są istotnie powiązane z LVEF, odkształceniem podłużnym LV, E/e' oraz stopniem duszności w skali NYHA. Ponadto obserwowali oni silniejszą korelację RV4CSL z LVEF, niż RVFWSL z LVEF, co jest spójne z wynikami obecnego badania ⁸¹. RV4CSL integruje informacje o czynności zarówno RV, jak i LV, stąd jego silniejsza korelacja z czynnością LV w porównaniu z RVFWSL, które odzwierciedla jedynie funkcję wolnej ściany RV.

Fakt, że funkcja skurczowa RV jest istotnie powiązana z LVEF może być tłumaczone występowaniem współzależności komorowej. Zjawisko to wynika ze wspólnej dla obu komór IVS, efektu ograniczającego nierozciągliwego osierdzia oraz połączeń włókien mięśniowych. Występowanie upośledzonej czynności RV jest częste w populacji pacjentów z HFrEF i opisywane nawet w 35- 50% przypadków ³⁵⁻³⁸. Powiązanie wartości stosunku E/e' z funkcją RV można tłumaczyć występowaniem rozkurczowej współzależności komorowej. Taquini i wsp. już w 1960 roku pokazali, że u znieczulonych ogólnie psów, po podwiązaniu pnia płucnego, dochodzi do zmniejszenia rzutu serca oraz spadku ciśnienia tętniczego, a także zwiększenia ciśnienia rozkurczowego zarówno w RV, jak i LV ¹⁸.

Potwierdzo również istotne statystycznie zależności między RVFWSL oraz RV4CSL a klasycznymi parametrami funkcji skurczowej RV, uzyskując największą wartość korelacji dla RIMP mierzonego techniką doplera pulsacyjnego. W jednej z wyżej wymienianych prac badacze korelowali wartości odkształcenia podłużnego RV z TAPSE, S' oraz FAC, również uzyskując istotne statystycznie wyniki ⁸¹. Analogicznie, w badaniu Garcia-Martin

i wsp. wykazano istotną korelację między obiema technikami pomiarowymi odkształcenia podłużnego RV a TAPSE⁸⁵. Na podstawie powyższych wyników można wysnuć wnioski, iż pomiar odkształcenia podłużnego techniką śledzenia plamki jest co najmniej równie przydatną metodą do oceny funkcji RV co klasyczne wskaźniki. Badania porównujące techniki echokardiograficzne z pomiarem frakcji wyrzutowej RV mierzonej metodą referencyjną jaką jest CMR, wskazują że wartości odkształcenia podłużnego RV uzyskiwane za pomocą STE wykazują największą zgodność z pomiarami CMR i stanowią najdokładniejszą echokardiograficzną, dwuwymiarową technikę oceny kurczliwości RV¹⁰²⁻¹⁰⁴.

Mimo iż RVFWSL i RV4CSL nie stanowią zamiennych wskaźników do oceny RV, to w niniejszym badaniu wykazano wysoką zgodność pomiarów tych dwóch parametrów. Wyniki te nie są zaskakujące, iż RV4CSL integruje informacje o czynności zarówno wolnej ściany RV, którą opisuje RVFWSL, jak i IVS, która jest składową głównie LV.

W niniejszym badaniu, porównano również dwie metody pomiarowe odkształcenia 6 segmentów RV- RV4CSL 1- obliczane jako średnia arytmetyczna wartości odkształcenia 6 segmentów, RV4CSL 2- obliczane automatycznie przez oprogramowanie. Na rycinie nr 8 pokazano dużą zgodność pomiarów obu technik, co potwierdza, iż mogą być one stosowane zamiennie. Odmienna sytuacja występuje w przypadku RVFWSL- aktualne rekomendacje wskazują, aby ROI zawierał sześć segmentów (po trzy segmenty wolnej ściany RV oraz IVS), a sam pomiar polegał na uśrednianiu wartości odkształcenia podłużnego poszczególnych segmentów wolnej ściany RV^{77,79}. Wynika to z problemów z dokładną analizą przez oprogramowanie koniuszkowego segmentu wolnej ściany RV jeśli stosuje się ROI złożone jedynie z jej 3 segmentów, bez włączenia IVS.

W niniejszym badaniu wykorzystywano oprogramowanie firmy General Electric Healthcare (EchoPAC). Wyniki badań mogą się różnić w zależności od tego jakie oprogramowanie było stosowane do analizy. W pracach naukowych porównywane były wyniki pomiarów za pomocą STE przeprowadzonych przy zastosowaniu sprzętu różnych firm produkujących echokardiografy (m.in. General Electric Healthcare- EchoPAC, Phillips Healthcare- QLAB, Siemens Medical Solutions- Velocity Vector Imaging), a także oprogramowań niezależnych od sprzętu (TomTec, Epsilon- EchoInsight)¹⁰⁵⁻¹¹⁰. Głównym wnioskiem z cytowanych badań jest potrzeba ujednolicenia programów stosowanych przez poszczególnych producentów do pomiarów STE, zwłaszcza w przypadku oceny

regionalnego odkształcenia. Co więcej, wyżej cytowane prace dotyczyły pomiarów kurczliwości LV. Brak jest dostępnych danych dotyczących różnic w pomiarach funkcji skurczowej RV za pomocą STE przy użyciu różnych oprogramowań.

5.3. PORÓWNANIE CECH KLINICZNYCH I ECHOKARDIOGRAFICZNYCH U PACJENTÓW Z PRAWIDŁOWYM I NIEPRAWIDŁOWYM ODKSZTAŁCENIEM PODŁUŻNYM PRAWEJ KOMORY SERCA

W grupie pacjentów z HFrEF, poszerzenie i niewydolność RV są związane ze zwiększonym ryzykiem zgonu, niezależnie od stopnia uszkodzenia LV ¹¹¹.

W niniejszej pracy wykonano porównanie wybranych cech klinicznych i echokardiograficznych u pacjentów z prawidłową i upośledzoną kurczliwością RV. Chorzy z dysfunkcją RV ocenianą za pomocą RVFWSL $> -20\%$ cechowali się gorszą funkcją skurczową i rozkurczową LV oraz nieprawidłowymi średnimi wartościami tradycyjnych parametrów funkcji skurczowej RV. Częściej występowała u nich również zaawansowana duszność w klasie III lub IV wg NYHA. Podobnie w pracy Hoogslag i wsp., u pacjentów badanych 6 miesięcy po STEMI, obniżona funkcja RV (oceniana przy pomocy TAPSE) wiązała się z istotnie statystycznie gorszą LVEF oraz wyższym stosunkiem E/e' ¹¹². W obserwacji Morris i wsp. RVFWSL oraz RV4CSL były istotnie statystycznie niższe w grupie pacjentów z HFrEF w wyższej klasie czynnościowej wg NYHA ⁸⁸.

W pracy wykorzystującej metodę CMR frakcja wyrzutowa RV $< 40\%$ wiązała się z 3-krotnym wzrostem śmiertelności ⁴⁹. W niniejszej analizie wykorzystującej odkształcenie podłużne wolnej ściany RV nie wykazano istotnych różnic między grupami z prawidłowym i nieprawidłowym RVFWSL w zakresie śmiertelności i powikłań w czasie hospitalizacji pod postacią zaburzeń przewodzenia i rytmu serca oraz zaostrzenia HF, jednak do zgonu doszło jedynie w 3 przypadkach. Garcia-Martin i wsp. stwierdzili w wieloczynnikowej analizie, że RVFWSL nie ma znaczenia prognostycznego, w przeciwieństwie do RV4CSL, z punktem odcięcia na poziomie $-17,3\%$. Autorzy powyższego badania sugerują, że odkształcenie podłużne RV z objęciem segmentów IVS powinno być preferowane do oceny rokowania u pacjentów z uszkodzeniem miokardium LV. Odkształcenie podłużne jedynie 3 segmentów wolnej ściany RV jest wg badaczy bardziej użytecznym narzędziem do oceny ściśle funkcji mięśniówki RV, np. w arytmogennej kardiomiopatii RV ⁸⁵. Większe znaczenie prognostyczne RV4CSL wynika najpewniej z faktu, że wskaźnik ten scala informacje o funkcji obu komór serca. Jednakże w literaturze można również znaleźć doniesienia potwierdzające przydatność RVFWSL w ocenie rokowania chorych z HF ^{41,81}. W pracy Iacoviello i wsp. stwierdzono, że zarówno RVFWSL, jak i RV4CSL były

niezależnie związane ze śmiertelnością całkowitą, liczbą zgonów z przyczyn sercowo- naczyniowych, przeszczepień serca oraz zgonów z powodu zaostrzenia HF ⁸¹.

5.4. POMIAR ODKSZTAŁCENIA PODŁUŻNEGO PRAWEJ KOMORY SERCA A POZOSTAŁE PARAMETRY

Ocena kurczliwości RV za pomocą echokardiografii jest trudnym zadaniem z uwagi na jej położenie, skomplikowany kształt i fizjologię oraz dużą zależność od warunków obciążenia. Tradycyjne, najczęściej stosowane wskaźniki, takie jak TAPSE czy S', cechują się dużą zależnością od kąta obrazowania i obciążenia oraz zakładają, że funkcja ocenianego fragmentu miokardium odzwierciedla kurczliwość globalną, co jest błędne w niektórych stanach chorobowych^{60,67}.

Pomiar odkształcenia podłużnego RV przy pomocy STE pokonuje niektóre ograniczenia wynikające ze stosowania tradycyjnych technik. Jest to metoda łatwa do wykonania, niezajmująca przesadnie dużo czasu oraz mniej zależna od warunków obciążenia¹¹³. Z informacji płynących z licznych badań naukowych wynika, iż odkształcenie podłużne jest bardziej czułym parametrem do oceny dysfunkcji RV niż klasyczne wskaźniki³⁹⁻⁴¹.

Hipotezę tę potwierdzają badania naukowe, oceniające powiązania echokardiograficznych parametrów funkcji skurczowej RV z danymi płynącymi z najbardziej czułej metody szacowania budowy i czynności RV jaką jest CMR. Focardi i wsp. w swojej pracy stwierdzili, iż wszystkie oceniane parametry funkcji skurczowej RV, tj. TAPSE, S', FAC, RVFWSL, RV4CSL, były niezależnymi czynnikami prognostycznymi obniżonej frakcji wyrzutowej RV (< 45%) ocenianej metodą CMR, ale najsilniejszą korelację uzyskano w przypadku RVFWSL¹⁰². W niedawno opublikowanej pracy również potwierdzono silniejsze powiązanie obu wskaźników odkształcenia podłużnego RV z RVEF mierzoną w CMR w porównaniu z klasycznymi parametrami. Jednak w cytowanym badaniu globalne odkształcenie podłużne wyliczane było inną metodą i obejmowało aż 17 segmentów RV uwidocznionych w 3 nietypowych projekcjach echokardiograficznych, będących odpowiednikiem standardowych projekcji cztero-, dwu- i trójwymiarowych LV i uzyskiwanych z okna koniuszkowego, po odchyleniu głowicy w stronę prawą i przesunięciu jej w stronę linii pachowej przedniej^{114,115}. Taka technika rzeczywiście zasługuje na miano pomiaru „globalnej” funkcji skurczowej RV, gdyż dosłownie „dotyczy całej RV”, łącznie z drogą odpływu oraz pozostałymi ścianami, których nie uwzględnia się przy zastosowaniu RV4CSL. Problemem pozostaje dostateczna wizualizacja segmentów RV w 3 projekcjach. W cytowanym badaniu było to możliwe u 29 pacjentów spośród grupy 55 osób¹¹⁴.

Kolejną pracą posługującą się techniką CMR było badanie Lisi i wsp., którzy stwierdzili, że RVFWSL, w przeciwieństwie do TAPSE, wykazuje silną korelację z włóknieniem mięśnia RV u pacjentów z ciężkim upośledzeniem kurczliwości LV ¹¹⁶.

Jak wynika z powyższych badań wykorzystujących referencyjną technikę- CMR, odkształcenie podłużne RV oceniane metodą STE jest najbardziej czułą metodą oceny czynności skomplikowanej RV spośród technik echokardiografii dwuwymiarowej. Wniosek ten jest spójny z wynikami niniejszej obserwacji wykorzystującej pomiary echokardiograficzne. Wykazano, że RVFWSL wykrywało niewielkie zaburzenia w czynności skurczowej RV, podczas gdy tradycyjne wskaźniki były jeszcze w granicach normy. Wśród pacjentów z nieprawidłowym wynikiem RVFWSL aż u połowy chorych stwierdzono prawidłową wartość S', a u ponad 1/3 chorych prawidłowy wynik TAPSE. W pracy Morris i wsp. dokonano podobnej analizy, jednak na dużo większej populacji. Stwierdzono, że wśród pacjentów z dysfunkcją RV ocenianą za pomocą RVFWSL, 17,3% osób miało prawidłowy wynik S', 15,7% prawidłowy wynik TAPSE, a 28,2% prawidłową wartość FAC. W cytowanej pracy za granicę normy RVFWSL przyjęto - 19%, a wyznaczona ona została w grupie 238 zdrowych ochotników ⁸⁸. W niniejszym badaniu za granicę normy uznano wartość - 20% zgodnie z najnowszymi zaleceniami dotyczącymi echokardiograficznej oceny jam serca u dorosłych ⁶⁰.

Motoki i wsp. stwierdzili, że po uwzględnieniu tradycyjnych parametrów funkcji skurczowej RV, obniżone wartości RVFWSL skutkowały wzrostem częstości występowania niekorzystnych zdarzeń w populacji pacjentów z HF z obniżoną LVEF $\leq 35\%$. Ponadto, podobnie jak w niniejszej pracy, badacze obserwowali istotne statystycznie powiązanie wartości odkształcenia podłużnego z wartością LVEF, funkcją rozkurczową LV i standardowymi wskaźnikami funkcji skurczowej RV ⁴⁰. Warto nadmienić, że w cytowanej pracy wartości odkształcenia podłużnego przy użyciu STE wyliczane były przez oprogramowanie firmy Siemens Medical Solutions (*Velocity Vector Imaging*), a w obecnym badaniu stosowano oprogramowanie firmy General Electric Healthcare (*EchoPAC*) ⁴⁰. Wyniki uzyskiwane przez poszczególne oprogramowania mogą się różnić, jednak najistotniejsze odmienności dotyczą oceny pojedynczych segmentów ^{60,105}.

W kolejnej pracy autorzy pokazali wyższość RVFWSL nad TAPSE w prognozowaniu niekorzystnych zdarzeń. W powyższym badaniu, do którego włączono 200 pacjentów z HFrEF z LVEF $\leq 40\%$, stwierdzono, że wśród pacjentów z prawidłową wartością TAPSE

obniżone wartości RVFWSL skutkowały trzykrotnym wzrostem częstości występowania niekorzystnych zdarzeń. Na podstawie tych wniosków autorzy sugerowali, aby ocenę funkcji skurczowej RV u pacjentów z HFrEF rutynowo wzbogacić o pomiary odkształcenia podłużnego przy użyciu STE, w celu identyfikacji osób będących najbardziej narażonych na wystąpienie niekorzystnych zdarzeń sercowo-naczyniowych ⁴¹.

Obecnie dostępność oprogramowania do STE jest coraz większa, sam pomiar odkształcenia podłużnego jest stosunkowo łatwy i niezajmujący dużo czasu, co w połączeniu z większą czułością w porównaniu z klasycznymi wskaźnikami funkcji skurczowej RV i dodatkowymi informacjami wynikającymi z pomiaru czyni tę metodę wyjątkowo użyteczną, szczególnie w populacji z HFrEF.

5.5. PORÓWNANIE PODGRUPY BADANEJ I KONTROLNEJ W ZAKRESIE PARAMETRÓW KLINICZNYCH I ECHOKARDIOGRAFICZNYCH

Obraz kliniczny chorych z OZW (podgrupa badana) różni się znacznie od obrazu pacjentów z CAD (podgrupa kontrolna). Podstawowym objawem OZW jest ból w klatce piersiowej, stąd wyższa średnia klasa CCS w podgrupie badanej. Z kolei u chorych z HF na tle niedokrwinnym podstawowym symptomem jest duszność, stąd wyższa średnia klasa wg NYHA w podgrupie kontrolnej. Podgrupę kontrolną stanowili chorzy bardziej obciążeni internistycznie i kardiologicznie, podczas gdy część pacjentów z OZW do tej pory nie leczyla się przewlekłe. W podgrupie badanej stwierdzano istotnie statystycznie wyższą średnią HR w porównaniu z chorymi z CAD. Wynika to m.in. z wyrzutu katecholamin w przebiegu MI oraz faktu, iż podgrupa kontrolna częściej leczona była β -blokerem już przed przyjęciem.

W podgrupie chorych z przewlekłym wieńcophodnym uszkodzeniem LV obserwowano niższą średnią wartość LVEF oraz większe wymiary LV i RV będące wyrazem dłuższego narażenia na czynnik uszkodzający jakim jest niedokrwienie. Z tego też powodu w tej podgrupie pacjentów częściej obserwowano LBBB, który jest związany ze stopniem uszkodzenia lewej komory⁹⁷. Wszystkie parametry funkcji skurczowej RV były w granicach normy w populacji pacjentów z OZW, a w populacji osób z HF i CAD wszystkie wskaźniki były nieprawidłowe, a spośród nich jedynie różnica w średniej wartości RIMP nie osiągnęła istotności statystycznej między podgrupami. Powyższe wyniki potwierdzają występowanie zjawiska współzależności komorowej, która opisuje wpływ jaki jedna jama serca ma na kształt, wielkość oraz pracę drugiej, poprzez bezpośrednie mechaniczne oddziaływanie, niezależnie od czynników humoralnych czy neurogennych^{8,9}. I tak w podgrupie chorych z większym uszkodzeniem miokardium LV i parametry funkcji skurczowej RV były gorsze. W literaturze istnieją doniesienia, że LV ma dużo większy wpływ na RV niż odwrotnie. Już w 1998 r. Santamore i wsp. stwierdzili, że ok. 20 - 40 % skurczowego ciśnienia i objętości wyrzutowej RV wynika z pracy mięśnia LV, a jedynie 4 - 10 % ciśnienia skurczowego w LV wynika ze skurczu miokardium RV⁹. Ponadto u pacjentów z OZW często dochodzi do krótkotrwałego, przemijającego niedokrwienia RV- raczej „ogłuszenia” niż martwicy i funkcja miokardium RV najczęściej ulega szybkiej poprawie, która mogła nastąpić jeszcze przed pierwszym badaniem echokardiograficznym włączonych do niniejszej pracy pacjentów.

Kolejnym mechanizmem wyjaśniającym etiologię współistnienia dysfunkcji RV w HFrEF jest występowanie aktywacji neurohormonalnej (m.in. peptydów natriuretycznych typu A i B) u pacjentów z HF, która wpływa na działanie obu komór^{84,117}. Wzrost naprężenia ściany LV prowadzi do aktywacji neurohormonalnej pod postacią syntezy peptydu natriuretycznego typu B, co prowadzi również do przebudowy RV. Podobne oddziaływanie na obie komory serca dotyczy aktywacji układu współczulnego i układu renina-angiotensyna-aldosteron¹¹⁸.

5.6. ANALIZA PARAMETRÓW KLINICZNYCH I ECHOKARDIOGRAFICZNYCH ORAZ ICH ZMIAN W PODGRUPIE BADANEJ

Przez długi czas nie poświęcano wystarczającej uwagi RV traktując ją jako bierne połączenie między krążeniem płucnym i systemowym, a ocenę serca ograniczano do określania funkcji LV. Obecnie zaznacza się potrzebę dokładnego opisywania czynności tej, określanej w literaturze jako „zapomniana”, jamy serca. Istotna wartość prognostyczna funkcji RV podkreślana jest w pracach dotyczących choroby niedokrwiennej serca, w tym OZW^{42,48-50,83}.

Dysfunkcja RV towarzysząca OZW wiąże się ze zwiększoną śmiertelnością oraz częstością groźnych powikłań, takich jak: zaawansowane zaburzenia przewodzenia przedsionkowo- komorowego, zagrażające życiu komorowe zaburzenia rytmu serca (jako że RV jest bardziej arytmogenna niż LV), wstrząs kardiogeny oraz mechaniczne powikłania MI^{42,46-52}.

Na szczęście, mimo iż zaburzenia funkcji RV w OZW pogarszają rokowanie w ostrej fazie choroby, to najczęściej po upływie kilku- kilkunastu tygodni czynność RV wraca do normy. W literaturze, jak już wcześniej wspomniano, dysfunkcja RV w ostrej fazie MI traktowana jest raczej jako ogłuszenie miokardium, a nie jego martwica^{58,59,119,120}. Wynika to z faktu, że nawet w przypadku braku przepływu wieńcowego, RV otrzymuje niewielką ilość tlenu i substancji odżywczych, gdyż jest cienkościenną, niskociśnieniową jamą, z możliwą perfuzją bezpośrednio z jamy komory zachodzącą zarówno w skurczu i rozkurczu oraz z rozbudowanym systemem tętnic łączących^{2,5-7}. Te wszystkie czynniki, w połączeniu z mniejszym zapotrzebowaniem na tlen dzięki niskim oporom w krążeniu płucnym, sprawiają że RV jest mniej podatna na niedotlenienie niż LV, a jej funkcja po epizodzie niedokrwienia szybciej ulega normalizacji. W pracy wykorzystującej CMR dysfunkcję RV notowano w 1/3 przypadków chorych z MI, co wynikało z ogłuszenia miokardium przy braku występowania późnego wzmocnienia¹²⁰.

Wyniki uzyskane w niniejszej pracy są zbieżne z powyższymi rozważeniami. W badanej podgrupie pacjentów z OZW wszystkie średnie wartości parametrów funkcji skurczowej RV, zarówno klasycznych, jak i odkształcenia podłużnego wolnej ściany RV, pozostawały w granicach normy mimo trwającego ostrego niedokrwienia miokardium LV z towarzyszącym upośledzeniem jego kurczliwości. Analogicznie w pracy Gorter'a i wsp.

obejmującej 258 pacjentów z ostrym MI, obniżoną czynność skurczową RV ocenianą za pomocą TAPSE i RVFWSL obserwowano jedynie u kilku pacjentów badanych w niedługim czasie od pierwotnej PCI ¹¹⁹.

Jak wynika z doniesień z literatury dysfunkcja RV może wystąpić niezależnie od lokalizacji MI i jest opisywana aż u ok. 40% pacjentów z MI ściany dolnej i ok. 33% z MI ściany przedniej ¹²¹. Powyższe dane pochodzą jednak z badania przy pomocy CMR. W pracy Keskin'a i wsp. obserwowano dysfunkcję RV ocenianą echokardiograficznie za pomocą FAC u niespełna 12% chorych ze STEMI ściany przedniej ⁵⁰. Hoogslag i wsp. w badaniu obejmującym 940 chorych z pierwszym w życiu STEMI potwierdzili występowanie dysfunkcji RV u 15 % chorych ¹¹². Częstość wykrywanych zaburzeń funkcji RV różni się też w zależności od stosowanego wskaźnika, a odkształcenie podłużne za pomocą STE uchodzi za najbardziej czuły echokardiograficzny parametr spośród technik dwuwymiarowych. W niniejszej pracy dysfunkcję RV, definiowaną jako RVFWSL > -20%, notowano u 25% chorych z OZW o różnych lokalizacjach.

Jak wspomniano we wstępie rozprawy doktorskiej zajęcie RV w przebiegu MI nie wynika jedynie z niedokrwienia, ale również z faktu istnienia zjawiska współzależności komorowej oraz niewydolności LV. Przyjmuje się, że około 20- 40% objętości wyrzutowej i ciśnienia skurczowego RV wynika ze skurczu prawidłowo funkcjonującej IVS ^{9,14,15}. Między innymi z tego powodu w większości przypadków obserwuje się poprawę kurczliwości RV w ciągu kilku- kilkunastu tygodni po MI wraz z poprawą funkcji skurczowej IVS ¹¹⁹⁻¹²². W badanej podgrupie pacjentów z OZW poddawanych skutecznej PCI naczynia odpowiedzialnego za niedokrwienie, w badaniu kontrolnym przeprowadzanym średnio po 3,5 miesiącach od hospitalizacji, obserwowano istotną poprawę w zakresie średnich wartości LVEF, RVSepSL, funkcji rozkurczowej LV, a także objawów klinicznych ocenianych za pomocą skal CCS i NYHA. Jednocześnie odnotowano wzrost średnich wartości wszystkich parametrów funkcji skurczowej RV, zarówno klasycznych, jak i odkształcenia podłużnego przy pomocy STE, spośród których jedynie w przypadku FAC nie rejestrowano istotności statystycznej.

Powyższe wyniki pozostają w spójności z danymi z literatury. Huttin i wsp. w badaniu oceniającym 95 chorych z MI (48 chorych z MI ściany dolnej, 47 chorych z MI ściany przedniej) stwierdzili, że w badaniu kontrolnym przeprowadzonym po 6 miesiącach od MI wszystkie oceniane parametry funkcji skurczowej RV, oprócz S', znacząco wzrosły ⁵⁷.

U pacjentów z NSTEMI, funkcja skurczowa RV oceniana za pomocą TAPSE wzrosła znacząco po 3 miesiącach od skutecznej PCI w obserwacji Elserafy i wsp.¹²². Podobnie w cytowanej powyżej pracy Gorter'a i wsp. stwierdzono poprawę funkcji RV ocenianej zarówno przy pomocy echokardiograficznych wskaźników- TAPSE i RVFWSL, jak i CMR¹¹⁹. Jak wspomniano powyżej, w badaniu Hoogslag i wsp. dysfunkcja RV notowana była w 15% przypadków chorych ze STEMI, a w badaniu kontrolnym po 6 miesiącach, jedynie u 8%¹¹². W badaniu wykorzystującym technikę CMR, obejmującym 242 chorych ze STEMI ocenianych w pierwszym tygodniu MI i po 4 miesiącach, pokazano odwracalność uszkodzenia miokardium RV, które powiązano z ustąpieniem niedokrwiennego obrzęku komórek mięśniowych¹²¹.

W niniejszej pracy skorelowano również zmiany parametrów funkcji skurczowej RV ze zmianami LVEF nie uzyskując istotnych wyników poza zmianami S', które wzrastały w sposób umiarkowany wraz ze wzrostem LVEF. Odmierna sytuacja występowała w przypadku zmian LVEF vs zmiany RVSepSL. Wykazano istotne korelacje w zakresie zmian wszystkich parametrów za wyjątkiem wartości RIMP mierzonego za pomocą doplera tkankowego oraz wartości IVA. Powyższe wyniki podkreślają znaczenie IVS w pracy RV, co jest spójne z wnioskami z pracy Popescu i wsp. na 500 pacjentach z MI z włoskiego badania GISSI- 3 (*Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto Miocardico*). Protokół cytowanego badania obejmował kilkukrotną ocenę echokardiograficzną: po 24-48 godzinach od początku objawów, przy wypisie ze szpitala oraz po upływie 6 tygodni i 6 miesięcy. Obserwowano istotną poprawę funkcji skurczowej RV ocenianej za pomocą TAPSE podczas badań kontrolnych, widoczną już podczas wypisu ze szpitala. Ponadto badacze stwierdzili znamienny wzrost TAPSE zarówno u chorych z obniżoną ($< 45\%$) i prawidłową ($\geq 45\%$) LVEF, ale poprawa funkcji skurczowej RV była większa w przypadku pacjentów z niższą wyjściową LVEF. Podobnie jak w niniejszej pracy badacze nie obserwowali istotnego powiązania zmian TAPSE ze zmianami LVEF. Wykazali za to znamienną korelację zmian TAPSE ze zmianami punktowego wskaźnika kurczliwości 5 segmentów IVS (WMSI ang. *wall motion score index*)¹²³. Analogicznie w niniejszym badaniu, istotne korelacje zmian większości wskaźników funkcji skurczowej RV uzyskano względem zmian parametru określającego kurczliwość samej IVS, czyli RVSepSL. Wart odnotowania jest fakt, iż najsilniejszą korelację zmian RVSepSL (za wyjątkiem RV4CSL, którego składową jest RVSepSL i tu oczywista jest bardzo wysoka korelacja)

obserwowano względem zmian RVFWSL, co również wskazuje na przydatność tego parametru.

Powyższe dane płynące z obu badań sugerują, iż głównym mechanizmem prowadzącym do poprawy funkcjonowania RV w OZW jest ruch IVS. W literaturze można znaleźć doniesienia z innych prac potwierdzających powyższą hipotezę. Czynność skurczowa IVS była istotnym czynnikiem determinującym wydolność wysiłkową u pacjentów po niedawno przeżytym MI, co sugeruje iż IVS może być istotna dla utrzymania kurczliwości RV u chorych po MI z upośledzoną kurczliwością LV ¹²⁴. Jak wspomniano we wstępie pracy, IVS jest traktowana głównie jako część LV, choć jej wkład w kurczliwość RV jest również istotny. W badaniu eksperymentalnym na psach stwierdzono, że niedokrwienne uszkodzenie zarówno wolnej ściany RV, jak i IVS prowadzi do pogorszenia funkcji RV ¹⁵.

W niniejszej pracy uzyskano również pośrednie dowody na poprawę kurczliwości RV w badaniu kontrolnym wyrażone wydłużeniem ET oraz skróceniem IVCT. Miokardium o prawidłowej kurczliwości cechuje się dłuższym okresem ET oraz krótszym IVCT niż w przypadku występowania jego dysfunkcji. Niewydolny mięsień sercowy charakteryzuje się mniejszą zdolnością nadania masie krwi odpowiedniego przyspieszenia, a ciśnienie w czasie IVCT narasta wolniej.

Warto wspomnieć, że wyjściowe badanie pacjentów w niniejszej pracy miało miejsce średnio po 31 h od PCI. W tym okresie mogło już dojść do częściowej poprawy funkcji RV, co jednakże nie zmienia wniosków płynących z badania.

5.7. ANALIZA ZMIAN PARAMETRÓW ECHOKARDIOGRAFICZNYCH W PODGRUPIE KONTROLNEJ

W podgrupie kontrolnej złożonej z chorych z przewlekłym uszkodzeniem LV na tle niedokrwinnym nie występował ostry czynnik sprawczy, jakim w przypadku chorych z podgrupy badanej był OZW leczony inwazyjnie, który mógłby wpłynąć na kurczliwość zarówno LV, jak i RV. Stąd na wizycie kontrolnej nie obserwowano znamiennych zmian ani w zakresie średnich wartości LVEF i RVSepSL, ani parametrów funkcji skurczowej RV. Jako że kohorta ta była bardziej obciążona i objawowa, z częstszym wywiadem w kierunku CAD oraz częściej występującym LBBB, to również średnie wartości parametrów funkcji skurczowej zarówno LV, jak i RV były niższe niż w przypadku chorych z OZW.

5.8. OCENA WYBRANYCH PARAMETRÓW ECHOKARDIOGRAFICZNYCH I LABORATORYJNYCH W ZALEŻNOŚCI OD TĘTNICY PODDANEJ ANGIOPLASTYCE WIENĆCOWEJ

Jak wspomniano w trakcie wcześniejszych rozważań, do zajęcia RV może dojść w przebiegu MI o różnych lokalizacjach. MI z dorzecza RCA może skutkować niedokrwiennym uszkodzeniem RV z uwagi, że zaopatruje ona większość mięśnia RV ^{2,4}. Wolna ściana RV unaczyniona jest przez gałęzie marginalne odchodzące bezpośrednio od RCA, a ściana dolna RV i dolnoprzegrodowa przez gałąź tylną zstępującą. Część odpływowa RV jest z kolei unaczyniona przez gałąź stożka odchodzącą od proksymalnego segmentu RCA lub rzadziej z osobnego ujścia. Jedynie ściana przednia RV oraz przednia część IVS zaopatrywana jest przez LAD. W badaniu z 1986 roku stwierdzono, że w ostrym okresie MI obniżona frakcja wyrzutowa RV oceniana za pomocą wentrykulografii radioizotopowej występowała mimo prawidłowej czynności skurczowej LV w MI ściany dolnej, podczas gdy w MI ściany przedniej zawsze współwystępowała z dysfunkcją miokardium LV ¹²⁵. W pierwszym przypadku zajęcie RV można tłumaczyć trwającym niedokrwieniem obszaru zaopatrywanego przez RCA. Z kolei w MI ściany przedniej współistniejące niedokrwienie RV jest mało prawdopodobne, gdyż jak pisano wcześniej, LAD zaopatruje tylko część mięśnia RV, do którego, co więcej, dochodzą też gałęzie od RCA ¹²⁶. Już w 1986 roku stwierdzono, że uszkodzenie RV wynika najpewniej z towarzyszącej dysfunkcji LV skutkującej podwyższonym ciśnieniem zaklinowania w kapilarach płucnych, podwyższonym ciśnieniem w tętnicy płucnej i zwiększonym obciążeniem następczym RV ¹²⁵. Cienkościenna i niskociśnieniowa jama RV jest bardzo wrażliwa na zmiany obciążenia. Wzrost ciśnienia końcoworozkurczowego w LV oddziałuje na RV powodując jej powiększenie i upośledzenie kurczliwości ⁴⁴. Wykazano, że upośledzona funkcja rozkurczowa LV prowadzi do dysfunkcji RV w MI ściany przedniej niezależnie od zastosowanej metody leczenia (tromboliza vs PCI) ¹²⁷. W niniejszej pracy obserwowano upośledzoną funkcję rozkurczową LV wyrażoną podwyższonym średnim stosunkiem E/e' u wszystkich pacjentów, bez związku z naczyniem poddawanemu rewaskularyzacji.

W badaniu Hsu i wsp. pokazano, że u chorych z MI ściany dolnej bez towarzyszącego MI RV występują jedynie zaburzenia funkcji rozkurczowej RV, a MI ściany przedniej prowadzi bardziej do zmian globalnych w funkcjonowaniu RV z uwagi na zajęcie IVS.

Badacze stwierdzili, że dysfunkcja RV może wystąpić w MI o dowolnej lokalizacji, ale o większym nasileniu przy MI ściany przedniej. Jednak wnioski te oparte były jedynie na podstawie wyników RIMP ocenianego metodą TDI, który był istotnie wyższy (czyli gorszy) w grupie pacjentów z MI ściany przedniej. Wartości TAPSE i S' nie różniły się między pacjentami z MI ściany przedniej i dolnej i pozostawały w granicach normy ¹²⁸.

W niniejszej pracy nie wykazano istotnych różnic w zakresie zarówno parametrów skurczowych i rozkurczowych LV, jak i tradycyjnych oraz nowszych wskaźników funkcji skurczowej RV oraz TnT, między pacjentami po PCI LAD i RCA. Ponadto parametry funkcji skurczowej RV były w granicach normy, co omówiono powyżej. Z obserwacji Fabbiochi i wsp. wynika, że krótkie epizody niedokrwienia miokardium, indukowane 60- sekundowym zamknięciem tętnicy wieńcowej w czasie PCI, wywoływały zmiany w funkcji rozkurczowej nie tylko LV, ale też RV i to niezależnie od tego czy okluzji poddana była RCA, LAD czy Cx ¹²⁹. W pracy z 2010 r. wykorzystującą metodę CMR, również wykazano podobną częstość zajęcia RV w MI ściany przedniej i dolnej, a wyniki jedynie w niewielkim stopniu korespondowały z danymi otrzymywanymi za pomocą EKG, czy badania echokardiograficznego ¹³⁰.

W obecnej obserwacji stwierdzono istotne różnice w zakresie najbardziej czułych, echokardiograficznych wskaźników funkcji skurczowej RV, tj. RVFWSL i RV4CSL, między chorymi poddawanych PCI Cx w stosunku do pacjentów po interwencji na pozostałych naczyniach, uzyskując lepsze wyniki wśród chorych po PCI Cx. Podobne wyniki uzyskano w pracy Gortera i wsp. W populacji pacjentów z MI leczonych pierwotną PCI nie odnotowano znamiennych różnic w wartościach TAPSE w zależności od tętnicy dozawałowej. Z kolei RVFWSL było istotnie niższe w przypadku RCA (-20,6 %), niż w przypadku LAD (-23,6 %) i Cx (-24,9 %) i osiągnęło największą wartość w przypadku Cx, podobnie jak w obecnym badaniu ¹¹⁹. W przypadku zmian w Cx nie dochodzi do niedokrwienia miokardium IVS, jako że podstawny segment jej dolnej części unaczyniony jest przez RCA, koniuszkowy przez LAD, a środkowy przez jedną z tych tętnic. Z kolei przednia część IVS zaopatrywana jest przez LAD. Jak stwierdzono wcześniej, funkcja IVS ma istotne znaczenie w utrzymaniu kurczliwości RV. W przypadku niedokrwienia z dorzecza Cx najczęściej strefa uszkodzenia miokardium LV jest mniejsza niż w przypadku zajęcia np. LAD, co przekłada się również na lepszą pracę RV. Ponadto w przypadku MI ściany dolnej może dojść do MI RV z uwagi na podobne unaczynienie, co w MI ściany przedniej jest

również możliwe, aczkolwiek rzadkie z uwagi na podwójne unaczynienie ściany przedniej od RCA i LAD ¹²⁶. Cx unaczynia fragment wolnej ściany RV jedynie w < 10 % serc ⁶⁷.

W niniejszej pracy nie odnotowano różnic w średniej wielkości LVEF w zależności od tętnicy poddanej rewaskularyzacji, mimo iż w MI ściany przedniej, przebiegającym najczęściej z istotnym zwężeniem/zamknięciem LAD, z reguły obserwuje się większy stopień uszkodzenia miokardium LV niż w pozostałych MI. McClements i wsp. stwierdzili, że wśród badanych pacjentów z MI ściany przedniej średnia wartość LVEF wynosiła 44.8% +/- 11.5%, i była istotnie statystycznie niższa niż w grupie chorych z MI ściany dolnej (53% +/- 8.6%) ¹³¹. Odmienne dane płynące z obecnego badania wynikają najpewniej z faktu, że jednym z kryterium włączenia była upośledzona kurczliwość LV z LVEF ≤ 45%, co sprzyjało rekrutacji pacjentów z MI ściany przedniej przebiegającym z reguły z bardziej wyrażoną dysfunkcją kurczliwości LV. Powyższą hipotezę potwierdza największa liczebność chorych z MI ściany przedniej wśród zrekrutowanych pacjentów (19 osób, co stanowi 55,9 % podgrupy badanej).

5.9. OCENA ZMIAN FUNKCJI SKURCZOWEJ PRAWEJ KOMORY SERCA W ZALEŻNOŚCI OD TĘTNICY ODPOWIEDZIALNEJ ZA NIEDOKRWIENIE

Zajęcie RV w ostrym MI nie dotyczącym ściany dolnej nie zawsze bywa przedmiotem dogłębnej analizy w codziennej praktyce lekarskiej. Niemniej jednak nie powinno być to zaniebywane, gdyż współtowarzysząca OZW dysfunkcja RV wcale nie jest rzadka, a związana z większą śmiertelnością, zwłaszcza w u osób z upośledzoną kurczliwością LV^{42,46-52}. Na szczęście w większości przypadków obserwuje się poprawę kurczliwości RV w ciągu kilku- kilkunastu tygodni po MI wraz z poprawą funkcji skurczowej IVS¹¹⁹⁻¹²². Jak wspomniano wcześniej w ostrej fazie MI dochodzi raczej do „ogłuszenia” miokardium RV niż do jego martwicy, stąd często stwierdzamy szybką poprawę jego kurczliwości, nawet po upływie kilku dni^{58,59,132}. Reperfuzja ułatwia powrót funkcji RV i minimalizuje zasięg martwicy nawet po narażeniu na przedłużone niedokrwienie¹³³. Kilkukrotnie wykonywane badania echokardiograficzne u 77 pacjentów po MI z kontrolą po 3 miesiącach, pokazały znaczną poprawę globalnej funkcji RV ocenianej za pomocą wskaźnika RIMP¹³⁴.

RV poddawana jest gwałtownym przemianom wynikającym nie tylko z reperfuzji, ale też zmian hemodynamicznych i odwracalności niedokrwienia. Co za tym idzie potrzebny jest dokładny, czuły i powtarzalny wskaźnik do detekcji dysfunkcji RV i monitorowania jej zmian. W obecnej analizie, oceniano zmiany funkcji RV za pomocą najczęściej stosowanego parametru echokardiograficznego jakim jest TAPSE oraz nowszego wskaźnika dotyczącego odkształcenia podłużnego RV wyznaczanego za pomocą STE. Zarówno średnie wartości TAPSE, jak i RVFWSL wzrosły w podgrupie pacjentów badanych średnio po 3,5 miesiącach od ostrej fazy OZW. Wzrost ten był obserwowany zarówno w przypadku wykonania PCI LAD, RCA i Cx, ale istotność statystyczną osiągnięto jedynie w przypadku dwóch pierwszych tętnic. Wyniki mojej obserwacji są spójne z wnioskami z cytowanej już wcześniej pracy Gortera i wsp. W badaniu przeprowadzonym na 258 pacjentach ze STEMI leczonych pierwotną PCI oceniano zmiany funkcji skurczowej RV w zależności od naczynia dozawałowego. Stwierdzono, że zarówno TAPSE, jak i RVFWSL wzrosły w badaniu po 4 miesiącach, a wielkość tego wzrostu, podobnie jak w mojej obserwacji, był większy w przypadku LAD i RCA niż Cx¹¹⁹. Wynika to najpewniej z tego, że wyjściowo w ostrej fazie MI do zajęcia RV dochodzi częściej w przypadku istotnych zwężeń w LAD i RCA, niż Cx. OZW z dorzecza Cx najczęściej nie prowadzi do tak znacznego obniżenia LVEF,

jak np. u pacjentów z zajęciem LAD, a prawdopodobieństwo niedokrwienia wolnej ściany RV w przypadku zmian miażdżycowych w Cx jest małe, co dokładniej omówiono powyżej.

6. WNIOSKI

1. Funkcja skurczowa prawej komory serca u pacjentów z ostrym zespołem wieńcowym i towarzyszącą dysfunkcją skurczową lewej komory serca pozostaje najczęściej w granicach normy.
2. Funkcja skurczowa prawej komory serca ulega poprawie u pacjentów po ostrym zespole wieńcowym poddanych skutecznej rewaskularyzacji naczynia odpowiedzialnego za niedokrwienie wraz z poprawą kurczliwości przegrody międzykomorowej.
3. Analiza odkształcenia podłużnego przy użyciu techniki śledzenia markerów akustycznych jest użytecznym narzędziem do echokardiograficznej oceny funkcji skurczowej prawej komory serca i wykazuje istotne statystycznie korelacje z klasycznymi wskaźnikami.
4. Odkształcenie podłużne wolnej ściany prawej komory serca przy użyciu techniki śledzenia markerów akustycznych jest bardziej czułym parametrem oceniającym funkcję skurczową prawej komory serca niż klasyczne wskaźniki.

7. STRESZCZENIE

Przez długi czas nie doceniano znaczenia prawej komory (RV ang. *right ventricle*) w prawidłowym funkcjonowaniu układu sercowo-naczyniowego i zaniedbywano ocenę jej funkcji, traktując ją jako bierne połączenie między krążeniem płucnym i systemowym. W literaturze opisywana była wręcz jako „zapomniana komora”. Obecnie nie ma wątpliwości, że pełni ona ważną rolę w ocenie przebiegu chorób układu krążenia. Istotna wartość prognostyczna funkcji RV podkreślana jest zarówno w pracach dotyczących przewlekłej niewydolności serca (HF ang. *heart failure*), choroby niedokrwiennej serca (CAD ang. *coronary artery disease*), jak i ostrych zespołów wieńcowych (OZW).

Diagnostyka echokardiograficzna RV jest trudnym zadaniem z uwagi na jej sierpowaty kształt nieprzypominający żadnej bryły geometrycznej, bogate beleczkowanie utrudniające detekcję wsierdzia, lokalizację tuż za mostkiem, a przez to narażenie na artefakty oraz dużą zależność dostępnych parametrów funkcji skurczowej RV od warunków napełniania. Mimo, że „złotym standardem” w ocenie objętości, masy i funkcji RV jest rezonans magnetyczny serca (CMR ang. *cardiac magnetic resonance*), to z uwagi na utrudnioną dostępność, często ograniczone doświadczenie personelu pracowni rezonansu magnetycznego w zakresie obrazowania serca oraz złą jakość badania u pacjentów z tachyarytmią, powszechnie stosowaną, pierwszą i najczęściej jedyną metodą wizualizacji budowy i funkcji RV jest echokardiografia ze wszystkimi wymienionymi ograniczeniami.

Podczas gdy w przypadku funkcji skurczowej lewej komory (LV ang. *left ventricle*) posługujemy się jednym, dość wiarygodnym wskaźnikiem jakim jest frakcja wyrzutowa LV (LVEF ang. *left ventricular ejection fraction*), to nadal nie dysponujemy jednoznaczną definicją dysfunkcji RV oraz brakuje pojedynczego, rozstrzygającego parametru echokardiograficznego do jej rozpoznania. Co więcej dostępne wskaźniki opisujące RV często niosą za sobą sprzeczne wyniki, co dodatkowo utrudnia wiarygodną ocenę. Dlatego poszukuje się nowych metod, które w dokładniejszy sposób określałyby czynność RV. Do najczęściej stosowanych echokardiograficznych wskaźników funkcji skurczowej RV należą: amplituda ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego (TAPSE ang. *tricuspid annular plane systolic excursion*), skurczowa prędkość ruchu pierścienia trójdzielnego (S'), wskaźnik sprawności RV (RIMP ang. *right ventricular index of myocardial performance*), zmiana pola powierzchni RV (FAC ang. *fractional area change*), przyspieszenie w czasie skurczu izowolumetrycznego (IVA ang. *isovolumic acceleration*), frakcja wyrzutowa prawej

komory oznaczana przy użyciu echokardiografii trójwymiarowej (RV 3D EF ang. *right ventricular three- dimensional ejection fraction*) oraz wartość odkształcenia podłużnego RV ocenianego przy użyciu techniki śledzenia markerów akustycznych (STE ang. *speckle tracking echocardiography*). Nowsze techniki obrazowania pokonują niektóre ograniczenia wynikające z klasycznych pomiarów, a także dostarczają dodatkowych informacji o funkcjonowaniu RV. Pomiar odkształcenia podłużnego RV przy użyciu STE to metoda łatwa do wykonania, niezajmująca przesadnie dużo czasu oraz mniej zależna od warunków obciążenia. Z informacji płynących z licznych badań naukowych wynika, iż odkształcenie podłużne uzyskiwane przy pomocy STE jest bardziej czułym parametrem do oceny dysfunkcji RV niż klasyczne wskaźniki echokardiograficzne. W świetle najnowszych zaleceń, odkształcenie podłużne RV domyślnie powinno być raportowane jako odkształcenie podłużne wolnej ściany RV (RVFWSL ang. *right ventricular free- wall longitudinal strain*), a dodatkowo dopuszczane jest podanie odkształcenia podłużnego sześciu segmentów RV (RV4CSL ang. *right ventricular four-chamber longitudinal strain*), z włączeniem IVS.

Dysfunkcja RV towarzysząca OZW jest czynnikiem obciążającym rokowanie wczesne i odległe. Dotyczy to zarówno zawałów serca (MI ang. *myocardial infarction*) z uniesieniem odcinka ST (STEMI, ang. *ST- segment elevation myocardial infarction*), jak i bez uniesienia odcinka ST (NSTEMI ang. *non- ST- elevation myocardial infarction*), z towarzyszącym lub bez towarzyszącego niedokrwienia RV. Zaburzenia funkcji RV występujące w OZW wiążą się z pogorszeniem rokowania wyrażonym zwiększeniem śmiertelności oraz częstości groźnych powikłań, takich jak: zaawansowane zaburzenia przewodzenia przedsionkowo-komorowego, zagrażające życiu komorowe zaburzenia rytmu serca (RV jest bardziej arytmogenna niż lewa komora), wstrząs kardiogeny oraz mechaniczne powikłania MI.

Do zajęcia RV w OZW może dojść zarówno w konsekwencji jej niedokrwienia, jak i występowania współzależności komorowej głównie za pośrednictwem wspólnej dla obu komór przegrody międzykomorowej (IVS ang. *interventricular septum*). Z drugiej strony RV jest bardziej odporna na niedokrwienie niż LV, z uwagi na mniejsze zapotrzebowanie na tlen, możliwość bezpośredniej dyfuzji tlenu z jamy komory oraz zaopatrywanie w krew zarówno w skurczu, jak i rozkurczu. Dlatego też nawet w sytuacji braku przepływu wieńcowego, RV otrzymuje niewielką ilość tlenu i substancji odżywczych, co skutkuje raczej „ogłuszeniem” aniżeli śmiercią komórek, co wyjaśniałoby zwykle obserwowany powrót funkcji RV po epizodzie niedokrwiennym.

Celem niniejszej pracy jest:

1. Ocena przydatności odkształcenia podłużnego przy użyciu STE do oceny funkcji skurczowej RV u pacjentów z niedokrwioną dysfunkcją LV.
2. Echokardiograficzna ocena funkcji skurczowej RV u pacjentów z OZW i towarzyszącą dysfunkcją skurczową LV.
3. Echokardiograficzna ocena zmian funkcji skurczowej RV po OZW i skutecznej rewaskularyzacji naczynia odpowiedzialnego za niedokrwienie.

Do badania zrekrutowano 63 osoby (średni wiek $64,7 \pm 9,7$, 48 mężczyzn) z upośledzoną kurczliwością LV na tle niedokrwionym z $LVEF \leq 45\%$ hospitalizowanych w Oddziale Kardiologii Szpitala św. Wojciecha w Gdańsku (Copernicus Podmiot Leczniczy) w latach 2016- 2018 (ordynator: lek. Włodzimierz Krasowski), spośród których wyodrębniono dwie podgrupy badawcze. Podgrupę badaną stanowili pacjenci z OZW leczonym skuteczną rewaskularyzacją tętnicy odpowiedzialnej za niedokrwienie, którzy zgłosili się na badanie kontrolne ($n=34$, średni wiek $63,6 \pm 10,1$; 27 mężczyzn). Badanie wyjściowe wykonywano średnio po upływie 31 h od PCI. Podgrupa kontrolna składała się z pacjentów z CAD hospitalizowanych w trybie pilnym lub planowym z różnych przyczyn ($n=13$, średni wiek $67,9 \pm 6,1$; 12 mężczyzn), u których w badaniu kontrolnym wartość LVEF nie zmieniła się o więcej niż 5%.

Dane kliniczne pacjentów z grupy badanej uzyskano na podstawie dokładnego wywiadu lekarskiego i analizy dokumentacji medycznej, zarówno prowadzonej w czasie hospitalizacji, jak i wcześniejszej, dostarczonej przez chorego. Wykonywano badanie przedmiotowe łącznie z pomiarami antropometrycznymi. U pacjentów z OZW analizowano obraz angiograficzny naczyń wieńcowych oraz poziom markerów martwicy miokardium. Na koniec przeprowadzano badanie elektrokardiograficzne (EKG) i wykonywano pełne badanie echokardiograficzne. Podczas badania kontrolnego, przeprowadzanego po upływie 3- 7 miesięcy od wyjściowej oceny, zbierano wywiad lekarski dotyczący dolegliwości zgłaszanych przez chorych, wykonywano badanie przedmiotowe, EKG oraz badanie echokardiograficzne.

Wyniki zapisano w arkuszu kalkulacyjnym oraz przeprowadzono następujące analizy statystyczne: weryfikacja rozkładów testem Shapiro- Wilka, porównanie średnich poziomów zmiennych zależnych za pomocą parametrycznego testu t dla prób powiązanych, ocena

statystycznej istotności różnic średniego poziomu wartości zmiennych niepowiązanych przy użyciu parametrycznego testu t dla prób niezależnych z poprawką Welscha, ocena siły i kierunku wzajemnej współzależności na podstawie analizy statystycznie istotnych współczynników korelacji liniowej Pearsona, ocena zależności między danymi jakościowymi, w tym frakcji wystąpień, za pomocą odpowiedniego testu Chi², ocena zgodności pomiarów zmiennych ilościowych oceniono na podstawie wykresu Bland-Altmana. Poziom istotności ustalono jako $\alpha=0.05$, zaś analizę statystyczną przeprowadzono z wykorzystaniem programu STATISTICA 13.1 [Dell Inc. (2016), data analysis software system].

W grupie badanej w ocenie echokardiograficznej stwierdzono obniżoną w stopniu umiarkowanym średnią wartość LVEF, cechy podwyższonego ciśnienia napełniania LV, oraz prawidłowe, poza średnimi wartościami RV4CSL i średnią wartością RIMP mierzonego techniką doplera pulsacyjnego (na granicy normy), parametry funkcji skurczowej RV. W tej grupie chorych wykazano istotne statystycznie korelacje RVFWSL i RV4CSL z parametrami funkcji skurczowej i rozkurczowej LV oraz poziomem duszności. Wykazano również, że parametry odkształcenia podłużnego RV oceniane za pomocą STE wykazują istotne statystycznie korelacje z konwencjonalnymi wskaźnikami funkcji skurczowej RV.

Wykonano porównanie różnych zmiennych u pacjentów z prawidłowym i nieprawidłowym wynikiem RVFWSL. Chorzy z dysfunkcją RV ocenianą za pomocą RVFWSL, cechowali się istotnie statystycznie gorszymi średnimi wynikami LVEF, odkształcenia podłużnego przegrody międzykomorowej (RVSepSL ang. *right ventricular septal longitudinal strain*), stosunku E/e', powierzchni lewego przedsionka, a także tradycyjnych parametrów funkcji skurczowej RV. Ta kohorta częściej podawała dodatni wywiad w kierunku chorób układu krążenia oraz skarżyła się na zaawansowaną duszność w klasie III lub IV wg NYHA. Dwie grupy nie różniły się statystycznie pod względem śmiertelności całkowitej, częstości występowania powikłań w czasie hospitalizacji pod postacią obrzęku płuc czy zaburzeń rytmu serca i przewodzenia.

Przeprowadzono analizę pod kątem czułości parametru odkształcenia podłużnego przy użyciu STE względem najczęściej stosowanych, tradycyjnych wskaźników funkcji skurczowej RV. Stwierdzono, że połowa chorych z nieprawidłowym wynikiem RVFWSL miała prawidłowy wynik S', a 36% chorych miało prawidłowy wynik TAPSE, co świadczy o tym iż analiza przy użyciu STE jest metodą bardziej czułą niż ww. parametry.

Wykonano zestawienie porównujące podgrupę badaną i kontrolną. Podgrupy nie różniły się istotnie statystycznie w rozkładzie płci, wieku, masy ciała oraz ciśnienia tętniczego. Natomiast w podgrupie kontrolnej wykazano istotnie częstsze występowanie cukrzycy, bloku lewej odnogi pęczka Hisa, wywiadu w kierunku CAD oraz stanu po angioplastyce wieńcowej. W podgrupie kontrolnej stopień duszności w skali NYHA był wyższy, a poziom dławicy w klasie CCS niższy niż w podgrupie badanej. Pod względem parametrów echokardiograficznych, podgrupy różniły się w sposób istotny statystycznie w zakresie średnich wartości LVEF, wymiarów LV i RV, powierzchni obu przedsionków i wszystkich, poza RIMP, parametrów funkcji skurczowej RV, uzyskując znamienne gorsze wyniki w podgrupie kontrolnej.

Porównano zmiany wybranych parametrów klinicznych oraz echokardiograficznych w podgrupie badanych pacjentów z OZW między pierwszym badaniem przeprowadzonym w czasie hospitalizacji, a drugim wykonywanym po upływie średnio 3,5 miesięcy. Wykazano istotne statystycznie obniżenie średniej klasy czynnościowej wg NYHA oraz klasy wg CCS. Czynność skurczowa LV oceniana za pomocą średniej wartości LVEF była obniżona w stopniu umiarkowanym i zarówno ona, jak i RVSepSL uległy znamiennej poprawie na wizycie kontrolnej. Średnie wartości parametrów funkcji skurczowej RV były wyjściowo w granicach normy i uległy istotnej poprawie, za wyjątkiem wartości FAC, która również uległa wzrostowi, nie osiągając jednak znamienności statystycznej. W następnym kroku skorelowano zmiany wartości LVEF ze zmianami wartości parametrów funkcji RV. Za wyjątkiem wartości S' nie obserwowano istotnych statystycznie wskaźników korelacji. Odmienne sytuacja była w przypadku oceny korelacji zmian wartości RVSepSL względem zmian wielkości wskaźników funkcji skurczowej. Wykazano istotne korelacje w zakresie zmian wszystkich parametrów, za wyjątkiem wartości RIMP mierzonego za pomocą doplera tkankowego oraz wartości IVA. Najsilniejsza korelacja (za wyjątkiem RV4CSL, którego składową jest RVSepSL i tu oczywista jest bardzo wysoka korelacja) występowała w przypadku RVFWSL.

W podgrupie kontrolnej, podobnie jak w podgrupie badanej, wykonano badanie kontrolne po upływie średnio 3,7 miesięcy i porównano zmiany wartości wskaźników echokardiograficznych. Nie obserwowano znamiennych zmian ani w zakresie średnich wartości LVEF i RVSepSL, ani parametrów funkcji skurczowej RV.

Poddano analizie wybrane parametry funkcji skurczowej i rozkurczowej LV, tradycyjne i nowsze wskaźniki funkcji skurczowej RV oraz troponiny T, w zależności od naczynia poddanego angioplastyce wieńcowej w czasie OZW. Nie wykazano istotnych różnic w ich zakresie u pacjentów po angioplastyce gałęzi przedniej zstępującej (LAD ang. *left anterior descending artery*) i prawej tętnicy wieńcowej (RCA ang. *right coronary artery*). Jedynie u chorych po angioplastyce gałęzi okalającej (Cx ang. *circumflex artery*) średnie wartości odkształcenia podłużnego były istotnie statystycznie wyższe w porównaniu z pozostałymi pacjentami.

Zarówno średnia wartość TAPSE, jak i RVFWSL wzrosły w podgrupie pacjentów badanych po średnio 3,5 miesiącach od ostrej fazy OZW. Poprawa ta obserwowana była zarówno w przypadku wykonania angioplastyki LAD, RCA, jak i Cx, ale istotność statystyczną osiągnięto jedynie w przypadku dwóch pierwszych tętnic.

Na podstawie uzyskanych wyników wysnuto następujące wnioski:

1. Funkcja skurczowa RV u pacjentów z OZW i towarzyszącą dysfunkcją skurczową LV pozostaje najczęściej w granicach normy.
2. Funkcja skurczowa RV ulega poprawie u pacjentów po OZW poddanych skutecznej rewaskularyzacji naczynia odpowiedzialnego za niedokrwienie wraz z poprawą kurczliwości IVS.
3. Analiza odkształcenia podłużnego przy użyciu STE jest użytecznym narzędziem do echokardiograficznej oceny funkcji skurczowej RV i wykazuje istotne statystycznie korelacje z klasycznymi wskaźnikami.
4. Odkształcenie podłużne wolnej ściany RV przy użyciu STE jest bardziej czułym parametrem oceniającym funkcję skurczową RV niż klasyczne wskaźniki.

8. SUMMARY

The right ventricle (RV) has long been regarded as the forgotten side of the heart playing no role in the management of cardiovascular diseases and little attention has been paid to its analysis. Nowadays, there is no doubt that evaluation of RV systolic function is of paramount importance in a variety of clinical states and there is a great need to assess its performance accurately. Function of the RV is a strong determinant of prognosis for patients with heart failure (HF), coronary artery disease (CAD) and acute coronary syndrome (ACS).

Echocardiographic assessment of the RV remains technically challenging due to its complex, crescent anatomy not resembling any typical geometric shape, severely trabeculated myocardium which impedes endocardial border tracing, localisation just behind the sternum which causes artifacts, and high dependence on loading conditions of traditional RV systolic function parameters. Although the gold standard for measurements of RV size and function is cardiac magnetic resonance (CMR) imaging, it often is not feasible in everyday clinical practice, the magnetic resonance department staff is not trained enough to examine a heart and a quality of imaging in patients with tachyarrhythmias is insufficient. Therefore, echocardiography is the first and often the only technique used to evaluate the RV with all the limitations mentioned above.

Whilst in case of left ventricular (LV) systolic function there is one, quite reliable index of contractility- left ventricular ejection fraction (LVEF), there is no single parameter perfectly describing RV performance. Moreover, conventional indices of RV function provides sometimes different results, which hampers its evaluation. Hence, there is a strong need for new methods which would be more precise in estimation of RV performance. The most common indices used to assess RV systolic function are: tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE), DTI- derived tricuspid lateral annular systolic velocity (S' wave), right ventricular index of myocardial performance (RIMP), fractional area change (FAC), isovolumic acceleration time (IVA), right ventricular three- dimensional ejection fraction and RV longitudinal strain by speckle- tracking echocardiography (STE). Novel methods of imaging enable us to overcome some of imperfections of conventional parameters and yield more precise information about RV function. RV longitudinal strain by STE is quite easy to perform, not excessively time-consuming and less dependent on loading conditions. On the basis of recent studies, RV strain by STE appears to be more sensitive in detecting myocardial dysfunction than traditional parameters. According to latest recommendations, RV

longitudinal strain should be reported as the RV free wall deformation (RVFWSL), but the user may also report the four-chamber RV longitudinal strain (RV4CSL), which includes the interventricular septum (IVS), as an option.

The involvement of the RV in patients with acute myocardial infarction (MI) is a risk factor of poor prognosis, both in-hospital and long-term. RV dysfunction may be present in ST- segment elevation myocardial infarction, non- ST- elevation myocardial infarction, with or without concomitant MI of the RV. Impaired function of the RV in acute MI patients is associated with increased risk of morbidity, mortality and is a strong predictor of major complications, such as: atrioventricular conduction delay, hemodynamic instability associated with ventricular tachyarrhythmias (the RV is more arrhythmogenic than is left counterpart), cardiogenic shock, mechanical complications of MI.

Dysfunction of the RV in ACS may be caused either by ischemia or via interventricular interdependence- mostly through the interventricular septum (IVS). Nevertheless, the RV is not that sensitive to ischemia that the LV is, because of lower myocardial oxygen demand, transmural and direct endocardial perfusion in both systole and diastole. Therefore, even in the absence of coronary flow, RV myocardium still receives a marginal amount of oxygen and nutrients, resulting rather in stunning than cell death. This mechanism explains often observed recovery of RV performance after ACS.

The aims of the study were as follows:

1. Evaluation of the role of RV longitudinal strain by STE in the assessment of RV systolic function in patients with ischemic dysfunction of the LV.
2. Echocardiographic estimation of RV systolic function in patients with ACS and concomitant impaired systolic performance of the LV.
3. Echocardiographic assessment of RV systolic function changes after ACS and successful culprit lesion- percutaneous coronary intervention (PCI).

Sixty three patients with LV ischemic injury with LVEF $\leq 45\%$ (mean age $64,7 \pm 9,7$; 48 men) who were hospitalised in the Department of Cardiology in the Hospital of Saint Wojciech in Gdańsk (Copernicus) over the period 2016- 2018 were recruited to the study group. Two subgroups were delineated among them. In the study subgroup were patients with ACS treated with successful culprit- lesion PCI, who were examined twice (n=34,

mean age 63.6 ± 10.1 ; 27 men). Baseline examination was conducted approximately after 31 hours after PCI. The control subgroup comprised patients with CAD hospitalised because of various reasons ($n=13$, mean age 67.9 ± 6.1 ; 12 men), in whom LVEF did not change more than 5% at the follow-up visit.

Detailed medical history was collected from all subjects from the study group. The information was supplemented by data obtained from medical documentation, concerning actual hospitalisation and from the past. Physical examination along with weight, height, body mass index were performed. In patients with ACS, the coronary angiography and the level of troponin T were analysed. Moreover, electrocardiograms (ECGs) were taken and echocardiographic examinations were conducted in all patients. During follow-up visits, performed after 3- 7 months after initial evaluation, medical history concerning symptoms reported by enrolled patients was taken and the physical examination, ECG and echocardiographic examination were performed.

The obtained data were entered in the MS Excel spreadsheet. All data has been analysed in case of outliers and possible measurement errors. The quantitative variables presented in the tables contain numbers, averages and standard deviation. The assumption of normality was assessed with the Shapiro-Wilk test or with Q-Q plots. The statistical significance of differences in the mean levels of unrelated variables was verified by the parametric t-test for independent samples with the Welsch's correction. For comparisons of mean levels of dependent variables, the parametric paired sample t-test was used. For some of the results, box and whiskers plots were additionally made. The strength and direction of interdependence was assessed on the basis of the analysis of statistically significant Pearson's linear correlation coefficients. These dependencies were also illustrated by appropriate scatterplots. In case of dependence between qualitative data including factions, it was verified appropriate χ^2 test. The agreement of measurements was assessed on the basis of Bland-Altman diagrams. The significance level was set as $\alpha = 0.05$ and the statistical analysis was performed using the STATISTICA 13.1 program [Dell Inc. (2016), data analysis software system].

In echocardiographic examination the mean LVEF was moderately reduced, LV filling pressures were elevated and RV systolic indices (except for the mean value of RIMP measured using pulsed wave Doppler technique, which was slightly above the upper limit of the normal range) were normal in the study group. In these patients statistically significant

relationship between both RVFWSL and RV4CSL, and LV systolic and diastolic parameters, as well as the level of dyspnoea, were observed. Moreover, RV strain by STE was significantly correlated with traditional RV performance indices.

The comparative analysis of patients with normal and reduced RVFWSL was performed. The group with impaired RV function defined by a reduced RVFWSL had statistically significantly worse mean values of LVEF, RV septal longitudinal strain (RVSepSL), E/e' ratio, left atrial area and conventional RV function parameters. In this cohort previous medical history of cardiovascular diseases and higher level of dyspnoea were more often observed, compared to patients with normal RVFWSL. There were no significant differences between two groups concerning overall mortality and complications during hospitalisation, such as pulmonary oedema, disturbance of cardiac conduction or rhythm.

The analysis concerning the sensitivity of RV strain by STE compared to conventional RV systolic indices was also performed. A half of patients with reduced RVFWSL had normal S' value and 36% of them had the value of TAPSE within the normal range. This indicates that STE method is more sensitive than measurements by traditional techniques.

The comparative analyses of study and control subgroups were conducted. The two cohorts were comparable in terms of sex, age, weight and blood pressure. The analysis showed that the control subgroup was more frequently diagnosed with diabetes, left bundle branch block (LBBB) and more often reported history of CAD and previous PCI. In a control subgroup the degree of dyspnoea evaluated by means of New York Heart Association (NYHA) classification was higher and a grade of angina symptoms described by Canadian Cardiovascular Society (CCS) classification was lower than in a study subgroup. As far as echocardiographic parameters are concerned, subgroups did not significantly differ in terms of mean values of LVEF, LV i RV diameters, left and right atrial areas and all indices of RV systolic function, except for RIMP, receiving worse results in control subgroup.

The comparative analysis of changes in clinical and echocardiographic parameters in a ACS subgroup between the time of hospitalisation and follow-up visit after approximately 3,5 months was performed. The degree of symptoms evaluated by means of NYHA and CCS classifications were significantly lower at follow-up visit. Initially, LV contractility assessed by LVEF was moderately reduced and it significantly improved afterwards, along with RVSepSL. Mean values of RV systolic function indices were firstly

within normal limits and further improved after 3,5 months, except for FAC, which also increased, but without reaching statistical significance. Then, the correlation between LVEF changes and RV systolic performance indices changes was assessed. No significant relationships were observed, except for S' value. On the other hand, statistically significant correlation between RV systolic parameters changes and RVSepSL changes was demonstrated, except for RIMP measured by means of pulsed wave Doppler and IVA. The strongest association (apart from RV4CSL which comprises RVSepSL and here must be present a high correlation) was reported in case of RVFWSL.

In a control subgroup a second examination took place after approximately 3,7 months and, similarly to the study subgroup, comparative analyses were performed. No significant differences in mean values of neither LVEF and RVSepSL, nor RV systolic function indices were demonstrated.

The analysis of associations between selected parameters of LV systolic and diastolic function, conventional and innovative RV systolic performance indices and the level of troponin T showed no significant disparities depending on whether in left anterior descending artery (LAD) or right coronary artery (RCA) the culprit lesions were. Only in circumflex artery (Cx) PCI patients, mean values of RV longitudinal strain were significantly higher compared to LAD and RCA PCI patients.

The mean values of TAPSE and RVFWSL in ACS subgroup improved at a follow-up visit, both in case of PCI LAD, RCA and Cx, but the statistical significance was observed only with first two vessels.

Conclusions:

1. RV systolic function in patients with ACS and concomitant dysfunction of the LV is most commonly within normal limits.
2. RV systolic function in patients after ACS and successful revascularisation of the culprit lesion improves along with the improvement in IVS contractility.
3. RV longitudinal systolic strain by STE is an useful tool for echocardiographic assessment of RV systolic performance and significantly correlates with traditional indices.
4. Longitudinal strain of RV free wall by STE is a more sensitive parameter of RV systolic function than traditional indices.

9. SPIS STOSOWANEGO PIŚMIENNICTWA

1. Waldo KL, Kumiski DH, Wallis KT, et al. Conotruncal myocardium arises from a secondary heart field. *Development*. 2001;128(16):3179-3188.
2. Dell'Italia LJ. The right ventricle: anatomy, physiology, and clinical importance. *Curr Probl Cardiol*. 1991;16(10):653-720.
3. Jiang L. Right ventricle. In: Weyman AE, ed. *Principle and Practice of Echocardiography*. Baltimore, Md: Lippincott Williams & Wilkins; 1994:901-921.
4. Farrer-Brown G. Vascular pattern of myocardium of right ventricle of human heart. *Br Heart J*. 1968;30(5):679-686.
5. Kinch JW, Ryan TJ. Right ventricular infarction. *N Engl J Med*. 1994;330(17):1211-1217.
6. Lee FA. Hemodynamics of the right ventricle in normal and disease states. *Cardiol Clin*. 1992;10(1):59-67.
7. Haupt HM, Hutchins GM, Moore GW. Right ventricular infarction: role of the moderator band artery in determining infarct size. *Circulation*. 1983;67(6):1268-1272.
8. Bove AA, Santamore WP. Ventricular interdependence. *Prog Cardiovasc Dis*. 1981;23(5):365-388.
9. Santamore WP, Dell'Italia LJ. Ventricular interdependence: significant left ventricular contributions to right ventricular systolic function. *Prog Cardiovasc Dis*. 1998;40(4):289-308.
10. Smerup M, Nielsen E, Agger P, et al. The three-dimensional arrangement of the myocytes aggregated together within the mammalian ventricular myocardium. *Anat Rec (Hoboken)*. 2009;292(1):1-11.
11. Kroeker CA, Shrive NG, Belenkie I, Tyberg JV. Pericardium modulates left and right ventricular stroke volumes to compensate for sudden changes in atrial volume. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2003;284(6):H2247-2254.
12. Ho SY, Nihoyannopoulos P. Anatomy, echocardiography, and normal right ventricular dimensions. *Heart*. 2006;92 Suppl 1:i2-13.
13. Hoffman D, Sisto D, Frater RW, Nikolic SD. Left-to-right ventricular interaction with a noncontracting right ventricle. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1994;107(6):1496-1502.
14. Banka VS, Agarwal JB, Bodenheimer MM, Helfant RH. Interventricular septal motion: biventricular angiographic assessment of its relative contribution to left and right ventricular contraction. *Circulation*. 1981;64(5):992-996.
15. Fixler DE, Monroe GA, Wheeler JM. Hemodynamic alterations during septal or right ventricular ischemia in dogs. *Am Heart J*. 1977;93(2):210-215.
16. Taylor RR, Covell JW, Sonnenblick EH, Ross J. Dependence of ventricular distensibility on filling of the opposite ventricle. *Am J Physiol*. 1967;213(3):711-718.
17. Clyne CA, Alpert JS, Benotti JR. Interdependence of the left and right ventricles in health and disease. *Am Heart J*. 1989;117(6):1366-1373.
18. TAQUINI AC, FERMOSO JD, ARAMENDIA P. Behavior of the right ventricle following acute constriction of the pulmonary artery. *Circ Res*. 1960;8:315-318.
19. Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ. Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: Anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle. *Circulation*. 2008;117(11):1436-1448.
20. Weyman AE, Wann S, Feigenbaum H, Dillon JC. Mechanism of abnormal septal motion in patients with right ventricular volume overload: a cross-sectional echocardiographic study. *Circulation*. 1976;54(2):179-186.
21. Naeije R, Badagliacca R. The overloaded right heart and ventricular interdependence. *Cardiovasc Res*. 2017;113(12):1474-1485.
22. Rigolin VH, Robiolio PA, Wilson JS, Harrison JK, Bashore TM. The forgotten chamber: the importance of the right ventricle. *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1995;35(1):18-28.
23. Quader N, Lindman BR. Shifting the Spotlight onto the Forgotten Ventricle: Role of the Right Ventricle in Low-Flow, Low-Gradient Aortic Stenosis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29(4):334-336.
24. Agha HM, Ibrahim H, El Satar IA, et al. Forgotten Right Ventricle in Pediatric Dilated Cardiomyopathy. *Pediatr Cardiol*. 2017;38(4):819-827.
25. Amsallem M, Mercier O, Kobayashi Y, Moneghetti K, Haddad F. Forgotten No More: A Focused Update on the Right Ventricle in Cardiovascular Disease. *JACC Heart Fail*. 2018;6(11):891-903.

26. Tretter JT, Redington AN. The Forgotten Ventricle? The Left Ventricle in Right-Sided Congenital Heart Disease. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2018;11(3):e007410.
27. Kossaify A. Echocardiographic Assessment of the Right Ventricle, from the Conventional Approach to Speckle Tracking and Three-Dimensional Imaging, and Insights into the "Right Way" to Explore the Forgotten Chamber. *Clin Med Insights Cardiol*. 2015;9:65-75.
28. de Groote P, Millaire A, Foucher-Hossein C, et al. Right ventricular ejection fraction is an independent predictor of survival in patients with moderate heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1998;32(4):948-954.
29. Meyer P, Filippatos GS, Ahmed MI, et al. Effects of right ventricular ejection fraction on outcomes in chronic systolic heart failure. *Circulation*. 2010;121(2):252-258.
30. Forfia PR, Fisher MR, Mathai SC, et al. Tricuspid annular displacement predicts survival in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;174(9):1034-1041.
31. D'Alonzo GE, Barst RJ, Ayres SM, et al. Survival in patients with primary pulmonary hypertension. Results from a national prospective registry. *Ann Intern Med*. 1991;115(5):343-349.
32. Haddad F, Doyle R, Murphy DJ, Hunt SA. Right ventricular function in cardiovascular disease, part II: pathophysiology, clinical importance, and management of right ventricular failure. *Circulation*. 2008;117(13):1717-1731.
33. Warnes CA. Adult congenital heart disease importance of the right ventricle. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54(21):1903-1910.
34. Ghio S, Gavazzi A, Campana C, et al. Independent and additive prognostic value of right ventricular systolic function and pulmonary artery pressure in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37(1):183-188.
35. Ghio S, Recusani F, Klersy C, et al. Prognostic usefulness of the tricuspid annular plane systolic excursion in patients with congestive heart failure secondary to idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 2000;85(7):837-842.
36. Guazzi M, Bandera F, Pelissero G, et al. Tricuspid annular plane systolic excursion and pulmonary arterial systolic pressure relationship in heart failure: an index of right ventricular contractile function and prognosis. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2013;305(9):H1373-1381.
37. Dini FL, Carluccio E, Simioniuc A, et al. Right ventricular recovery during follow-up is associated with improved survival in patients with chronic heart failure with reduced ejection fraction. *Eur J Heart Fail*. 2016;18(12):1462-1471.
38. Damy T, Kallvikbacka-Bennett A, Goode K, et al. Prevalence of, associations with, and prognostic value of tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) among out-patients referred for the evaluation of heart failure. *J Card Fail*. 2012;18(3):216-225.
39. Sade LE, Özin B, Atar I, Demir Ö, Demirtaş S, Müderrisoğlu H. Right ventricular function is a determinant of long-term survival after cardiac resynchronization therapy. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26(7):706-713.
40. Motoki H, Borowski AG, Shrestha K, et al. Right ventricular global longitudinal strain provides prognostic value incremental to left ventricular ejection fraction in patients with heart failure. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(7):726-732.
41. Carluccio E, Biagioli P, Alunni G, et al. Prognostic Value of Right Ventricular Dysfunction in Heart Failure With Reduced Ejection Fraction: Superiority of Longitudinal Strain Over Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2018;11(1):e006894.
42. Zornoff LA, Skali H, Pfeffer MA, et al. Right ventricular dysfunction and risk of heart failure and mortality after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39(9):1450-1455.
43. Misalski-Jamka T, Klimeczek P, Tomala M, et al. Extent of RV dysfunction and myocardial infarction assessed by CMR are independent outcome predictors early after STEMI treated with primary angioplasty. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3(12):1237-1246.
44. Anavekar NS, Skali H, Bourgoun M, et al. Usefulness of right ventricular fractional area change to predict death, heart failure, and stroke following myocardial infarction (from the VALIANT ECHO Study). *Am J Cardiol*. 2008;101(5):607-612.
45. Skali H, Zornoff LA, Pfeffer MA, et al. Prognostic use of echocardiography 1 year after a myocardial infarction. *Am Heart J*. 2005;150(4):743-749.
46. Azevedo PS, Cogni AL, Farah E, et al. Predictors of right ventricle dysfunction after anterior myocardial infarction. *Can J Cardiol*. 2012;28(4):438-442.
47. Goldstein JA. Pathophysiology and management of right heart ischemia. *J Am Coll Cardiol*. 2002;40(5):841-853.

48. Hamon M, Agostini D, Le Page O, Riddell JW. Prognostic impact of right ventricular involvement in patients with acute myocardial infarction: meta-analysis. *Crit Care Med*. 2008;36(7):2023-2033.
49. Larose E, Ganz P, Reynolds HG, et al. Right ventricular dysfunction assessed by cardiovascular magnetic resonance imaging predicts poor prognosis late after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(8):855-862.
50. Keskin M, Uzun AO, Hayiroğlu M, Kaya A, Çınar T, Kozan Ö. The association of right ventricular dysfunction with in-hospital and 1-year outcomes in anterior myocardial infarction. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2018.
51. Engström AE, Vis MM, Bouma BJ, et al. Right ventricular dysfunction is an independent predictor for mortality in ST-elevation myocardial infarction patients presenting with cardiogenic shock on admission. *Eur J Heart Fail*. 2010;12(3):276-282.
52. Piccolo R, Niglio T, Spinelli L, et al. Reperfusion correlates and clinical outcomes of right ventricular dysfunction in patients with inferior ST-segment elevation myocardial infarction undergoing percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiol*. 2014;114(2):243-249.
53. Ibanez B, James S, Agewall S, et al. [2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation.]. *Kardiol Pol*. 2018;76(2):229-313.
54. Hvelplund A, Galatius S, Madsen M, et al. Women with acute coronary syndrome are less invasively examined and subsequently less treated than men. *Eur Heart J*. 2010;31(6):684-690.
55. Gul I, Zungur M, Aykan AC, et al. The change in right ventricular systolic function according to the revascularisation method used, following acute ST -segment elevation myocardial infarction. *Cardiovasc J Afr*. 2016;27(1):37-44.
56. Sakata K, Yoshino H, Kurihara H, et al. Prognostic significance of persistent right ventricular dysfunction as assessed by radionuclide angiocardigraphy in patients with inferior wall acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 2000;85(8):939-944.
57. Huttin O, Lemarié J, Di Meglio M, et al. Assessment of right ventricular functional recovery after acute myocardial infarction by 2D speckle-tracking echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2015;31(3):537-545.
58. Bowers TR, O'Neill WW, Grines C, Pica MC, Safian RD, Goldstein JA. Effect of reperfusion on biventricular function and survival after right ventricular infarction. *N Engl J Med*. 1998;338(14):933-940.
59. Ramzy IS, O'Sullivan CA, Lam YY, Dancy M, Tei C, Henein MY. Right ventricular stunning in inferior myocardial infarction. *Int J Cardiol*. 2009;136(3):294-299.
60. Lang RM, Badano LP, 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. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(3):233-270.
61. Innelli P, Esposito R, Olibet M, Nistri S, Galderisi M. The impact of ageing on right ventricular longitudinal function in healthy subjects: a pulsed tissue Doppler study. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10(4):491-498.
62. Hashemi N, Brodin L, Hedman A, A Samad B, Alam M. Improved right ventricular index of myocardial performance in the assessment of right ventricular function after coronary artery bypass grafting. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2018;26(5):798-804.
63. Kaul S, Tei C, Hopkins JM, Shah PM. Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J*. 1984;107(3):526-531.
64. Miller D, Farah MG, Liner A, Fox K, Schluchter M, Hoit BD. The relation between quantitative right ventricular ejection fraction and indices of tricuspid annular motion and myocardial performance. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004;17(5):443-447.
65. Tamborini G, Muratori M, Brusoni D, et al. Is right ventricular systolic function reduced after cardiac surgery? A two- and three-dimensional echocardiographic study. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10(5):630-634.
66. Nguyen T, Cao L, Movahed A. Altered right ventricular contractile pattern after cardiac surgery: monitoring of septal function is essential. *Echocardiography*. 2014;31(9):1159-1165.
67. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(7):685-713; quiz 786-688.

68. Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24(3):277-313.
69. Tei C, Ling LH, Hodge DO, et al. New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function--a study in normals and dilated cardiomyopathy. *J Cardiol.* 1995;26(6):357-366.
70. Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, et al. Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr.* 1996;9(6):838-847.
71. Kim WH, Otsuji Y, Yuasa T, Minagoe S, Seward JB, Tei C. Evaluation of right ventricular dysfunction in patients with cardiac amyloidosis using Tei index. *J Am Soc Echocardiogr.* 2004;17(1):45-49.
72. Karnati PK, El-Hajjar M, Torosoff M, Fein SA. Myocardial performance index correlates with right ventricular ejection fraction measured by nuclear ventriculography. *Echocardiography.* 2008;25(4):381-385.
73. Ogihara Y, Yamada N, Dohi K, et al. Utility of right ventricular Tei-index for assessing disease severity and determining response to treatment in patients with pulmonary arterial hypertension. *J Cardiol.* 2014;63(2):149-153.
74. Galderisi M, Cosyns B, Edvardsen T, et al. Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2017;18(12):1301-1310.
75. Portnoy SG, Rudski LG. Echocardiographic evaluation of the right ventricle: a 2014 perspective. *Curr Cardiol Rep.* 2015;17(4):21.
76. Voigt JU, Pedrizzetti G, Lysyansky P, et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015;16(1):1-11.
77. Badano LP, Koliass TJ, Muraru D, et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2018;19(6):591-600.
78. Blanc J, Stos B, de Montalembert M, Bonnet D, Boudjemline Y. Right ventricular systolic strain is altered in children with sickle cell disease. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25(5):511-517.
79. Muraru D, Onciul S, Peluso D, et al. Sex- and Method-Specific Reference Values for Right Ventricular Strain by 2-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2016;9(2):e003866.
80. Mirea O, Berceanu M, Donoiu I, Militaru C, Săftoiu A, Istrătoae O. Variability of right ventricular global and segmental longitudinal strain measurements. *Echocardiography.* 2019;36(1):102-109.
81. Iacoviello M, Citarelli G, Antoncicchi V, et al. Right Ventricular Longitudinal Strain Measures Independently Predict Chronic Heart Failure Mortality. *Echocardiography.* 2016;33(7):992-1000.
82. Zaborska B, Smarż K, Makowska E, et al. Echocardiographic predictors of exercise intolerance in patients with heart failure with severely reduced ejection fraction. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(28):e11523.
83. Park SJ, Park JH, Lee HS, et al. Impaired RV global longitudinal strain is associated with poor long-term clinical outcomes in patients with acute inferior STEMI. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2015;8(2):161-169.
84. Konishi K, Dohi K, Tanimura M, et al. Quantifying longitudinal right ventricular dysfunction in patients with old myocardial infarction by using speckle-tracking strain echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound.* 2013;11:23.
85. García-Martín A, Moya-Mur JL, Carbonell-San Román SA, et al. Four chamber right ventricular longitudinal strain versus right free wall longitudinal strain. Prognostic value in patients with left heart disease. *Cardiol J.* 2016;23(2):189-194.
86. Ivey-Miranda JB, Almeida-Gutiérrez E, Borrayo-Sánchez G, et al. Right ventricular longitudinal strain predicts acute kidney injury and short-term prognosis in patients with right ventricular myocardial infarction. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2019;35(1):107-116.
87. Park JH, Choi JO, Park SW, et al. Normal references of right ventricular strain values by two-dimensional strain echocardiography according to the age and gender. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2018;34(2):177-183.

88. Morris DA, Krisper M, Nakatani S, et al. Normal range and usefulness of right ventricular systolic strain to detect subtle right ventricular systolic abnormalities in patients with heart failure: a multicentre study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2017;18(2):212-223.
89. Fine NM, Shah AA, Han IY, et al. Left and right ventricular strain and strain rate measurement in normal adults using velocity vector imaging: an assessment of reference values and intersystem agreement. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2013;29(3):571-580.
90. Meris A, Faletra F, Conca C, et al. Timing and magnitude of regional right ventricular function: a speckle tracking-derived strain study of normal subjects and patients with right ventricular dysfunction. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(8):823-831.
91. Fine NM, Chen L, Bastiansen PM, et al. Reference Values for Right Ventricular Strain in Patients without Cardiopulmonary Disease: A Prospective Evaluation and Meta-Analysis. *Echocardiography*. 2015;32(5):787-796.
92. Roffi M, Patrono C, Collet JP, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: Task Force for the Management of Acute Coronary Syndromes in Patients Presenting without Persistent ST-Segment Elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2016;37(3):267-315.
93. Montalescot G, Sechtem U, Achenbach S, et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2013;34(38):2949-3003.
94. Baranowski R, Wojciechowski D, Maciejewska M. Zalecenia dotyczące stosowania rozpoznań elektrokardiograficznych. *Kardiologia Pol*. 2010;68.
95. Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2017;38(36):2739-2791.
96. Lancellotti P, Tribouilloy C, Hagendorff A, et al. Recommendations for the echocardiographic assessment of native valvular regurgitation: an executive summary from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013;14(7):611-644.
97. Xiao HB, Roy C, Fujimoto S, Gibson DG. Natural history of abnormal conduction and its relation to prognosis in patients with dilated cardiomyopathy. *Int J Cardiol*. 1996;53(2):163-170.
98. Unverferth DV, Magorien RD, Moeschberger ML, Baker PB, Fettes JK, Leier CV. Factors influencing the one-year mortality of dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 1984;54(1):147-152.
99. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. 2016 ESC Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2016;69(12):1167.
100. Cameli M, Righini FM, Lisi M, et al. Comparison of right versus left ventricular strain analysis as a predictor of outcome in patients with systolic heart failure referred for heart transplantation. *Am J Cardiol*. 2013;112(11):1778-1784.
101. Surkova E, Peluso D, Kasprzak JD, Badano LP. Use of novel echocardiographic techniques to assess right ventricular geometry and function. *Kardiologia Pol*. 2016;74(6):507-522.
102. Focardi M, Cameli M, Carbone SF, et al. Traditional and innovative echocardiographic parameters for the analysis of right ventricular performance in comparison with cardiac magnetic resonance. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(1):47-52.
103. Lu KJ, Chen JX, Profitis K, et al. Right ventricular global longitudinal strain is an independent predictor of right ventricular function: a multimodality study of cardiac magnetic resonance imaging, real time three-dimensional echocardiography and speckle tracking echocardiography. *Echocardiography*. 2015;32(6):966-974.
104. Vizzardi E, Bonadei I, Sciatti E, et al. Quantitative analysis of right ventricular (RV) function with echocardiography in chronic heart failure with no or mild RV dysfunction: comparison with cardiac magnetic resonance imaging. *J Ultrasound Med*. 2015;34(2):247-255.
105. Patrianakos AP, Zacharaki AA, Kalogerakis A, Solidakis G, Parthenakis FI, Vardas PE. Two-dimensional global and segmental longitudinal strain: are the results from software in different high-end ultrasound systems comparable? *Echo Res Pract*. 2015;2(1):29-39.
106. Amedro P, Bredy C, Guillaumont S, et al. Speckle tracking echocardiography in healthy children: comparison between the QLAB by Philips and the EchoPAC by General Electric. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2019.
107. van Everdingen WM, Maass AH, Vernooij K, et al. Comparison of strain parameters in dyssynchronous heart failure between speckle tracking echocardiography vendor systems. *Cardiovasc Ultrasound*. 2017;15(1):25.

108. Shiino K, Yamada A, Ischenko M, et al. Intervendor consistency and reproducibility of left ventricular 2D global and regional strain with two different high-end ultrasound systems. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2017;18(6):707-716.
109. Farsalinos KE, Daraban AM, Ünlü S, Thomas JD, Badano LP, Voigt JU. Head-to-Head Comparison of Global Longitudinal Strain Measurements among Nine Different Vendors: The EACVI/ASE Inter-Vendor Comparison Study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(10):1171-1181, e1172.
110. Mirea O, Pagourelas ED, Duchenne J, et al. Intervendor Differences in the Accuracy of Detecting Regional Functional Abnormalities: A Report From the EACVI-ASE Strain Standardization Task Force. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11(1):25-34.
111. Meluzin J, Spinarová L, Hude P, et al. Prognostic importance of various echocardiographic right ventricular functional parameters in patients with symptomatic heart failure. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18(5):435-444.
112. Hoogslag GE, Haecck ML, Velders MA, et al. Determinants of right ventricular remodeling following ST-segment elevation myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 2014;114(10):1490-1496.
113. Jamal F, Bergerot C, Argaud L, Loufouat J, Ovize M. Longitudinal strain quantitates regional right ventricular contractile function. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2003;285(6):H2842-2847.
114. Werther Evaldsson A, Ingvarsson A, Smith JG, et al. Echocardiographic right ventricular strain from multiple apical views is superior for assessment of right ventricular systolic function. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2019;39(2):168-176.
115. Rajagopal S, Forsha DE, Risum N, et al. Comprehensive assessment of right ventricular function in patients with pulmonary hypertension with global longitudinal peak systolic strain derived from multiple right ventricular views. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(6):657-665.e653.
116. Lisi M, Cameli M, Righini FM, et al. RV Longitudinal Deformation Correlates With Myocardial Fibrosis in Patients With End-Stage Heart Failure. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015;8(5):514-522.
117. de Groote P, Soudan B, Lamblin N, et al. Is hormonal activation during exercise useful for risk stratification in patients with moderate congestive heart failure? *Am Heart J*. 2004;148(2):349-355.
118. de Groote P, Helbecque N, Lamblin N, et al. Beta-adrenergic receptor blockade and the angiotensin-converting enzyme deletion polymorphism in patients with chronic heart failure. *Eur J Heart Fail*. 2004;6(1):17-21.
119. Gorter TM, Lexis CP, Hummel YM, et al. Right Ventricular Function After Acute Myocardial Infarction Treated With Primary Percutaneous Coronary Intervention (from the Glycometabolic Intervention as Adjunct to Primary Percutaneous Coronary Intervention in ST-Segment Elevation Myocardial Infarction III Trial). *Am J Cardiol*. 2016;118(3):338-344.
120. Galea N, Francone M, Carbone I, et al. Utility of cardiac magnetic resonance (CMR) in the evaluation of right ventricular (RV) involvement in patients with myocardial infarction (MI). *Radiol Med*. 2014;119(5):309-317.
121. Masci PG, Francone M, Desmet W, et al. Right ventricular ischemic injury in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction: characterization with cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2010;122(14):1405-1412.
122. Elserafy AS, Nabil A, Ramzy AA, Abdelmenem M. Right ventricular function in patients presenting with non-ST-segment elevation myocardial infarction undergoing an invasive approach. *Egypt Heart J*. 2018;70(3):149-153.
123. Popescu BA, Antonini-Canterin F, Temporelli PL, et al. Right ventricular functional recovery after acute myocardial infarction: relation with left ventricular function and interventricular septum motion. GISSI-3 echo substudy. *Heart*. 2005;91(4):484-488.
124. Nakamura S, Iwasaka T, Kimura Y, et al. Right ventricular ejection fraction during exercise in patients with recent myocardial infarction: effect of the interventricular septum. *Am Heart J*. 1994;127(1):49-55.
125. Shah PK, Maddahi J, Staniloff HM, et al. Variable spectrum and prognostic implications of left and right ventricular ejection fractions in patients with and without clinical heart failure after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 1986;58(6):387-393.
126. Isner JM, Roberts WC. Right ventricular infarction complicating left ventricular infarction secondary to coronary heart disease. Frequency, location, associated findings and significance from analysis of 236 necropsy patients with acute or healed myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 1978;42(6):885-894.
127. Karakurt O, Akdemir R. Right ventricular function in ST elevation myocardial infarction: effect of reperfusion. *Clin Invest Med*. 2009;32(4):E285-292.

128. Hsu SY, Lin JF, Chang SH. Right ventricular function in patients with different infarction sites after a first acute myocardial infarction. *Am J Med Sci.* 2011;342(6):474-479.
129. Fabbiochi F, Galli C, Sganzerla P, et al. Changes in right ventricular filling dynamics during left anterior descending, left circumflex and right coronary artery balloon occlusion. *Eur Heart J.* 1997;18(9):1432-1437.
130. Jensen CJ, Jochims M, Hunold P, Sabin GV, Schlosser T, Bruder O. Right ventricular involvement in acute left ventricular myocardial infarction: prognostic implications of MRI findings. *AJR Am J Roentgenol.* 2010;194(3):592-598.
131. McClements BM, Weyman AE, Newell JB, Picard MH. Echocardiographic determinants of left ventricular ejection fraction after acute myocardial infarction. *Am Heart J.* 2000;140(2):284-289.
132. Steele P, Kirch D, Ellis J, Vogel R, Battock D. Prompt return to normal of depressed right ventricular ejection fraction in acute inferior infarction. *Br Heart J.* 1977;39(12):1319-1323.
133. Laster SB, Ohnishi Y, Saffitz JE, Goldstein JA. Effects of reperfusion on ischemic right ventricular dysfunction. Disparate mechanisms of benefit related to duration of ischemia. *Circulation.* 1994;90(3):1398-1409.
134. Møller JE, Søndergaard E, Poulsen SH, Appleton CP, Egstrup K. Serial Doppler echocardiographic assessment of left and right ventricular performance after a first myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2001;14(4):249-255.

10. SPIS TABEL

Tabela 1. Zalety i ograniczenia echokardiograficznych parametrów funkcji skurczowej prawej komory.....	17
Tabela 2. Wartości prawidłowe odkształcenia podłużnego prawej komory.....	26
Tabela 3. Charakterystyka kliniczna badanej grupy. Tabela licznosci dla zmiennych ilościowych.....	43
Tabela 4. Charakterystyka kliniczna badanej grupy. Tabela licznosci dla zmiennych jakościowych.....	43
Tabela 5. Charakterystyka badanej grupy pod względem parametrów echokardiograficznych.....	44
Tabela 6. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona parametrów funkcji skurczowej prawej komory z wybranymi cechami klinicznymi i echokardiograficznymi.....	46
Tabela 7. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona wartości odkształcenia podłużnego prawej komory z klasycznymi parametrami funkcji skurczowej prawej komory.....	46
Tabela 8. Porównanie grupy z prawidłowym i nieprawidłowym wynikiem RVFWSL w zakresie parametrów klinicznych.....	50
Tabela 9. Porównanie grupy z prawidłowym i nieprawidłowym wynikiem RVFWSL w zakresie parametrów echokardiograficznych.....	50
Tabela 10. Liczba nieprawidłowych wyników wybranych parametrów funkcji skurczowej prawej komory w grupie badanej.....	51
Tabela 11. Porównanie podgrupy badanej i kontrolnej w zakresie parametrów klinicznych.....	53
Tabela 12. Porównanie podgrupy badanej i kontrolnej w zakresie parametrów echokardiogr.....	53
Tabela 13. Charakterystyka podgrupy badanej w zakresie zmiennych ilościowych.....	55
Tabela 14. Charakterystyka podgrupy badanej w zakresie zmiennych jakościowych.....	55
Tabela 15. Porównanie cech klinicznych i echokardiograficznych w podgrupie badanej w badaniu pierwszym i kontrolnym.....	56
Tabela 16. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona zmian parametrów funkcji skurczowej prawej komory ze zmianami frakcji wyrzutowej lewej komory.....	57
Tabela 17. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona zmian parametrów funkcji skurczowej prawej komory ze zmianami odkształcenia podłużnego przegrody międzykomorowej.....	57
Tabela 18. Porównanie cech echokardiograficznych w podgrupie kontrolnej w badaniu pierwszym i kontrolnym.....	59
Tabela 19. Porównanie wartości parametrów echokardiograficznych i troponiny T w grupie pacjentów poddanych angioplastyce gałęzi przedniej zstępującej i u pozostałych chorych.....	60
Tabela 20. Porównanie wartości parametrów echokardiograficznych i troponiny T w grupie pacjentów poddanych angioplastyce prawej tętnicy wieńcowej i u pozostałych chorych	61
Tabela 21. Porównanie wartości parametrów echokardiograficznych i troponiny T w grupie pacjentów poddanych angioplastyce gałęzi okalającej i u pozostałych chorych	61
Tabela 22. Porównanie zmian TAPSE i RVFWSL w podgrupie badanej w zależności od tętnicy poddanej angioplastyce wieńcowej.....	62

11. SPIS RYCIN

Rycina 1. Przekrój poprzeczny serca.....	10
Rycina 2. Pomiar amplitudy ruchu skurczowego pierścienia trójdzielnego w obrazowaniu M- mode.....	18
Rycina 3. Pomiar wskaźnika sprawności prawej komory za pomocą tkankowej echokardiografii doplerowskiej.....	21
Rycina 4. Pomiar odkształcenia podłużnego prawej komory przy pomocy techniki śledzenia markerów akustycznych.....	27
Rycina 5. Diagram przedstawiający przebieg rekrutacji i uzyskanie końcowej grupy badanej oraz podgrupy badanej i kontrolnej.....	31
Rycina 6. Ankieta uzupełniająca dane z dokumentacji medycznej.....	35
Rycina 7. Zależność między odkształceniem podłużnym 6 segmentów prawej komory a odkształceniem podłużnym wolnej ściany prawej komory.....	47
Rycina 8. Zależność między odkształceniem podłużnym 6 segmentów prawej komory obliczanym jako średnia arytmetyczna wartości odkształcenia poszczególnych segmentów a obliczanym automatycznie przez oprogramowanie.....	47
Rycina 9. Wykres zgodności Bland- Altmana porównujący pomiary odkształcenia podłużnego 6 segmentów prawej komory dwiema technikami.....	48
Rycina 10. Częstość występowania niewielkich zaburzeń funkcji skurczowej prawej komory ocenianej za pomocą RVFWSL wśród pacjentów z prawidłowymi wynikami S' i TAPSE.....	51
Rycina 11. Zależność między zmianami odkształcenia podłużnego wolnej ściany prawej komory a zmianami odkształcenia podłużnego przegrody międzykomorowej.....	58
Rycina 12. Porównanie zmian TAPSE w podgrupie badanej w zależności od tętnicy poddanej angioplastyce wieńcowej.....	63
Rycina 13. Porównanie zmian RVFWSL w podgrupie badanej w zależności od tętnicy poddanej angioplastyce wieńcowej.....	63

12. SPIS WZORÓW

Wzór 1. Wzór opisujący wskaźnik sprawności prawej komory.....	20
Wzór 2. Wzór opisujący zmianę pola powierzchni prawej komory.....	21
Wzór 3. Wzór na frakcję wyrzutową prawej komory.....	22