

Otrzymano: 08.11.2018
 Zaakceptowano: 17.01.2019
 Opublikowano: 29.03.2019

Krytyczna ocena przydatności parametrów TAPSE i MAPSE w ocenie pooperacyjnej funkcji skurczowej komór po korekcjach wrodzonych wad serca u niemowląt

Critical appraisal of MAPSE and TAPSE usefulness in the postoperative assessment of ventricular contractile function after congenital heart defect surgery in infants

Wojciech Mądry, Maciej Aleksander Karolczak, Marcin Myszkowski

Klinika Kardiologii i Chirurgii Ogólnej Dzieci, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska

Adres do korespondencji: Prof. Maciej A. Karolczak, Klinika Kardiologii i Chirurgii Ogólnej Dzieci WUM, ul. Żwirki i Wigury 63A, 02-091 Warszawa; e-mail: maciej.karolczak@spdsk.edu.pl

DOI: 10.15557/JoU.2019.0002

Słowa kluczowe

amplituda skurczowego ruchu zastawki trójdzielnej (TAPSE), amplituda skurczowego ruchu zastawki mitralnej (MAPSE), procentowa zmiana pola powierzchni prawej komory (RV FAC), intensywna opieka pooperacyjna

Keywords

tricuspid annular plane systolic excursion, mitral annular plane systolic excursion, right ventricular fractional area change, postoperative intensive care

Abstract

Introduction: In this study, we assessed the adequacy of the two echocardiographic parameters representing the longitudinal systolic function of the ventricles, MAPSE & TAPSE, in perioperative monitoring. **Aims:** 1. The assessment of MAPSE and TAPSE during the early (4 weeks) postoperative period after surgical correction of congenital heart defects in infants, performed with CPB. 2. The verification of the hypothesis, that the significant decline of TAPSE observed in this period is not related to the global RV systolic dysfunction. For this reason, systolic function of the RV was additionally assessed with another echocardiographic parameter: RVFAC. **Material and methods:** Prospective study with 51 infants operated due to ASDII, VSD, AVSD and TOF. Four measurements of MAPSE, TAPSE and RVFAC were performed in the apical four-chamber projection. TAPSE and MAPSE were expressed as metric values and z-score; RV FAC values were expressed in percentages. **Results:** TAPSE uniformly declined in the first postoperative day down to 34.5% of the initial value ($p < 0.00001$), then gradually increased: up to 42.9% and 52% respectively, remaining significantly lower than preoperatively ($p < 0.001$). RV FAC: increased by 21% ($p < 0.01$), then remained stable in consecutive examinations. MAPSE declined by 21% during the first postoperative day, but with promptly normalized completely. **Conclusions:** The movement of both AV valve annuli is subjected to different, not fully understood influences. The relatively slight decline of MAPSE makes this parameter suitable for the assessment of the postoperative LV systolic function. Deep, long-lasting decline of TAPSE, uniform in the whole group, does not permit to use this parameter and suggests the choice of another one, e.g. RVFAC.

Wstęp

Ocena pooperacyjnej funkcji serca ma kluczowe znaczenie w wyborze adekwatnej terapii farmakologicznej, zapobieganiu dysfunkcji serca, planowaniu ewentualnych reoperacji i rokowaniu odległym. W przedstawionym opracowaniu oceniono przydatność w tym aspekcie

dwóch parametrów echokardiograficznych: MAPSE i TAPSE (*mitral and tricuspid annular plane systolic excursion*), określających zakres skurczowego ruchu płaszczyny pierścieni zastawek przedsionkowo-komorowych za pomocą pomiaru w prezentacji M w projekcji cztero-jamowej koniuszkowej^(1,2). Oba te parametry wykazują dobrze udokumentowaną korelację z frakcją wyrzutową

komór⁽³⁻⁵⁾, a dzięki prostocie wykonania i powtarzalności wyników są powszechnie stosowane.

Cel pracy

Celem pracy było: 1) określenie zachowania się MAPSE i TAPSE po operacjach wybranych wrodzonych wad serca u niemowląt poddanych korekcji w krążeniu pozastrojowym (*cardiopulmonary bypass*, CPB) w bezpośrednim okresie pooperacyjnym (do 4 tygodni po operacji); 2) weryfikacja hipotezy, że istotne obniżenie wartości TAPSE obserwowane w tym okresie nie jest wyrazem globalnej dysfunkcji skurczowej prawej komory (*right ventricle*, RV); 3) stworzenie podstawy do długotrwałej obserwacji zmienności MAPSE i TAPSE u pacjentów po korekcjach wrodzonych wad serca.

Impulsem do przeprowadzenia badania stało się spostrzeżenie gwałtownego spadku wartości TAPSE w trakcie badań wykonywanych rutynowo na oddziale pooperacyjnym, co sugerowało głębokie upośledzenie funkcji skurczowej prawej komory. Jednocześnie jednak zarówno obraz kliniczny, jak i całość badania echokardiograficznego nie wskazywały na występowanie nasilonej niewydolności prawokomorowej. Z tego względu zdecydowano się ocenić funkcję skurczową RV innym parametrem echokardiograficznym, uwzględniającym w analizie funkcję większej części mięśnia prawej komory niż w przypadku TAPSE. Zdecydowano się na RV FAC (*right ventricular fractional area change*), polegający na obliczeniu procentowej zmiany pola powierzchni tej części prawej komory, która jest widoczna w projekcji czterojamowej koniuszkowej^(5,6). Także ten parametr cechuje się prostotą i powtarzalnością pomiarów.

Metoda

Badanie miało charakter prospektywny. Objęto nim 51 kolejno operowanych pacjentów w wieku 1–12 miesięcy, kwalifikowanych do korekcji z rozpoznaniem tetralogii Fallota (*tetralogy of Fallot*, ToF), wspólnego kanału przedsionkowo-komorowego (*atrioventricular septal defect*, AVSD), ubytku przegrody międzykomorowej (*ventricular septal defect*, VSD) i ubytku przegrody międzyprzedsionkowej typu otworu wtórnego (*ostium secundum atrial septal defect*, ASDII). Operacje wykonywał ten sam chirurg, stosując CPB, kaniulację obu żył głównych, prawoprzedsionkowy dostęp do serca oraz umiarkowaną hipotermię. W projekcji czterojamowej koniuszkowej dokonywano pomiaru pola powierzchni prawej komory w okresie późnoskurczowym i późnorozkurczowym w celu obliczenia RV FAC oraz, przy użyciu prezentacji M, TAPSE i MAPSE. Badanie wykonywał jeden echokardiografista, wartości pomiarów TAPSE i MAPSE były wyrażone w milimetrach oraz jako z-score, a wartości RV FAC – w procentach.

U każdego pacjenta wykonano cztery badania: przedoperacyjne, bezpośrednio po operacji (1.–3. doba), w 7. dobie pooperacyjnej (bez amin katecholowych, wsparcia

Tab. 1. Dane charakteryzujące grupę badaną

Wiek (miesiące)	4,58 ± 2,56
Chłopcy – N (%)	26 (50,98)
Dziewczeta – N (%)	25 (49,02)
Waga (g)	5685,45 ± 1506,89
Czas trwania CBP (min)	77,82 ± 29,16
Czas trwania AoCC (min)	40,70 ± 16,30
Zespół Downa – N (%)	5 (9,80)
Typ wady serca	
ASD – N (%)	4 (7,84)
VSD – N (%)	26 (50,98)
AVSD – N (%)	12 (23,52)
ToF – N (%)	9 (17,64)
ASD – ubytek przegrody międzyprzedsionkowej; ToF – zespół Fallota; VSD – ubytek przegrody międzykomorowej; AVSD – wspólny kanał przedsionkowo-komorowy; N – liczebność grupy; średnia ± odchylenie standardowe	

oddechowego, drenów w klatce piersiowej) oraz ambulatoryjnie – w 22. dobie pooperacyjnej.

Dane demograficzne charakteryzujące badaną grupę pacjentów przedstawiono w Tab. 1.

Analizę statystyczną wyników wykonano w programie Statistica 12.0 PL. Ze względu na rozkład danych w celu oceny istotności zmiany parametrów TAPSE i MAPSE oraz RV FAC przed operacją i po niej zastosowano nieparametryczny test Wilcoxon. Do oceny korelacji poszczególnych zmiennych stosowano test korelacji Spearmana. Uzyskane wartości $p < 0,05$ uznawano za istotne statystycznie.

Wyniki

Wartości ocenianych parametrów w kolejnych badaniach przedstawiono w Tab. 2.

Graficzną prezentację wyników badania przedstawiają Ryc. 1–3.

Analizując zmianę parametru TAPSE, odnotowano istotną statystycznie (przy założeniu $p < 0,05$) różnicę wartości pomiędzy pomiarem przed operacją (pomiar 0) a wszystkimi pomiarami dokonanymi w czasie opieki pooperacyjnej (pomiar 1, 2, 3) ($p < 0,001$) (Tab. 2, Ryc. 1).

W okresie pooperacyjnym wartości parametru MAPSE z pomiaru 1 i 2 wykazały istotną statystycznie zmienność w stosunku do badania przed operacją (pomiar 0). Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy dla pomiaru 3 ($p < 0,955$), co wskazuje, że wartości MAPSE znacząco zbliżyły się do poziomu sprzed zabiegu.

Zmiana parametru RV FAC po operacji (pomiar 1, 2, 3) uległa istotnemu statystycznie zwiększeniu ($p < 0,001$) w stosunku do badania początkowego (pomiar 1).

Tab. 2. Szczegółowe wartości parametru TAPSE, RVFAC oraz MAPSE w poszczególnych pomiarach przed operacją (pomiar 0) oraz po operacji (pomiar 1, 2, 3) – mediana oraz rozstęp kwartyłowy

	Pomiar 0	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
TAPSE (mm)	15,2 (13,26–18,5)	4,82 (4,10–5,97)	6,37 (5,40–7,31)	7,88 (6,62–8,76)
RV FAC (%)	43,07 (35,71–51,06)	53,57 (44,04–60,99)	54,16 (48,48–60,00)	54,54 (46,66–60,86)
MAPSE (mm)	7,67 (6,92–8,94)	5,88 (5,27–6,92)	6,80 (6,00–8,09)	7,66 (7,06–9,00)

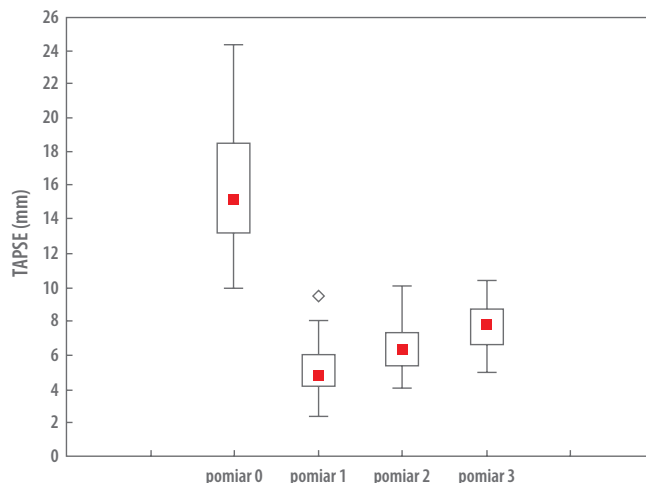
Nie odnotowano istotnej statystycznie (przy założeniu $p < 0,05$) korelacji parametru TAPSE z parametrem RV FAC w przeprowadzonych pomiarach: TAPSE pomiar 0 – RV FAC pomiar 0 ($r = -0,29$, $p < 0,109$); TAPSE pomiar 1 – RV FAC pomiar 1 ($r = -0,11$, $p < 0,564$); TAPSE pomiar 2 – RV FAC pomiar 2 ($r = -0,29$, $p < 0,116$); TAPSE pomiar 3 – RV FAC pomiar 3 ($r = 0,13$, $p < 0,501$).

Zestawienie wyników pomiarów badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na poszczególne wady serca zawarto w Tab. 3.

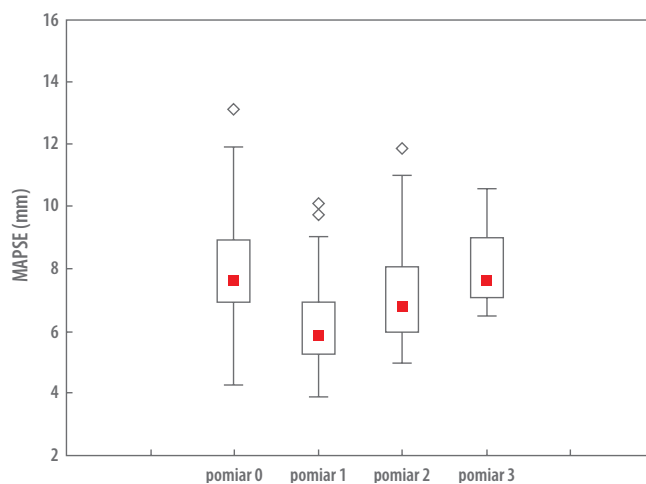
Omówienie wyników

Zarówno TAPSE, jak i MAPSE wykazały istotny statystycznie spadek w pierwszej dobie po operacji, jednak znacznie większy dotyczył TAPSE, którego wartość w pierwszym badaniu zmniejszyła się o blisko 70% wartości wyjściowej; wartość MAPSE zmniejszyła się w pierwszej dobie obserwacji jedynie o około 23%. W pierwszym badaniu pooperacyjnym stwierdzono natomiast istotny statystycznie wzrost RV FAC (około 24% wartości wyjściowej), co przeczy ciężkiemu globalnemu upośledzeniu funkcji skurczowej prawej komory, które sugerowałoby tak nasilone obniżenie się TAPSE.

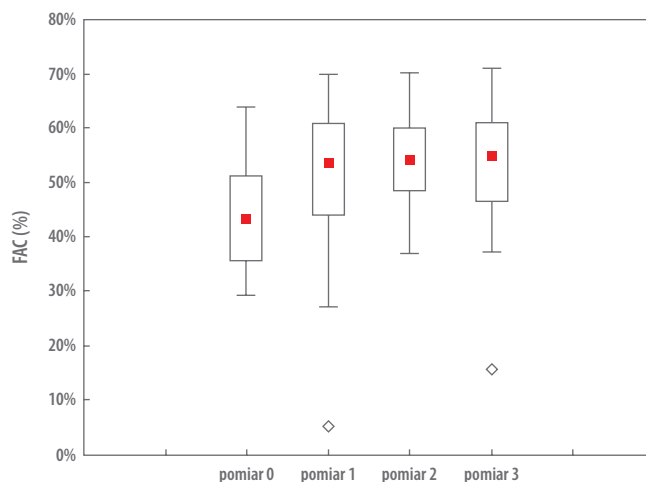
W kolejnych badaniach obserwowano stopniowy wzrost TAPSE w kierunku wartości prawidłowych, jednak nawet w czwartym badaniu wartości wszystkich pomiarów mieściły się poniżej wartości $z\text{-score} = -2$ SD (średnia = $-3,32$ SD) (Tab. 4). Zwraca także uwagę mały rozrzut wartości pomiarów, świadczący o jednorodnym wpływie przeprowadzonej operacji na TAPSE w całej badanej grupie. Trend wzrostowy MAPSE był równoległy do trendu TAPSE, jednak ze względu na stosunkowo niewielkie obniżenie wartości wyjściowej nastąpiła całkowita normalizacja w czwartym badaniu, a wszystkie wartości średnie MAPSE, również te uzyskane w pierwszym badaniu pooperacyjnym, mieściły się w granicach normy ($mean\ z\text{-score} \geq -1$). Stosunkowo



Ryc. 1. Czasowa zmiana parametru TAPSE w okresie badania: pomiar 0 – przed operacją, pomiar 1, 2, 3 – po operacji. Czerwony punkt w czworokącie odpowiada medianie, górna oraz dolna krawędź czworokąta – rozstępowi kwartyłowemu, ramiona wykresu – wartości 1–99% pomiarów TAPSE, a wolne punkty – wartościom odstającym



Ryc. 2. Czasowa zmiana parametru MAPSE w okresie badania: pomiar 0 – przed operacją, pomiary 1, 2, 3 – po operacji



Ryc. 3. Czasowa zmiana parametru RV FAC w okresie badania: pomiar 0 – przed operacją, pomiary 1, 2, 3 – po operacji

Tab. 3. Szczegółowe wartości parametru TAPSE, RV FAC oraz MAPSE z podziałem na wady serca w poszczególnych pomiarach przed operacją (pomiar 0) oraz po operacji (pomiar 1, 2, 3) – mediana oraz rozstęp kwartylowy

ASD N = 4		Pomiar 0	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
	TAPSE (mm)	16,60 (14,97–21,22)	7,00 (3,72–9,46)	7,77 (6,74–8,67)	7,68 (6,62–8,75)
MAPSE (mm)	6,95 (6,46–10,99)	6,12 (4,98–7,99)	6,88 (6,56–8,99)	11,71 (8,57–14,85)	
RV FAC (%)	32,66 (0,00–52,11)	48,75 (39,28–51,31)	50,66 (44,06–70,12)	39,11 (37,21–41,02)	
VSD N = 26		Pomiar 0	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
	TAPSE (mm)	15,17 (12,62–18,28)	4,98 (4,18–5,98)	6,11 (5,40–7,31)	7,44 (6,80–8,25)
MAPSE (mm)	8,04 (7,02–9,30)	6,07 (5,47–6,70)	6,59 (5,69–7,55)	7,20 (7,02–8,41)	
RV FAC (%)	43,94 (37,50–52,00)	59,25 (48,15–61,90)	52,83 (48,48–58,33)	54,65 (52,33–59,31)	
ToF N = 9		Pomiar 0	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
	TAPSE (mm)	15,20 (14,63–17,50)	4,60 (3,60–5,65)	6,55 (5,97–7,07)	8,17 (6,49–9,21)
MAPSE (mm)	8,27 (6,66–9,27)	5,66 (5,10–8,27)	7,73 (6,31–9,39)	9,01 (8,95–9,72)	
RV FAC (%)	39,39 (35,08–46,66)	49,31 (34,84–59,54)	54,17 (50,75–59,57)	55,17 (39,39–61,53)	
AVSD N = 12		Pomiar 0	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
	TAPSE (mm)	15,47 (13,28–18,98)	4,82 (3,97–5,71)	6,2 (5,11–7,02)	8,47 (6,57–8,78)
MAPSE (mm)	7,21 (6,74–8,29)	5,78 (5,46–6,92)	7,33 (6,14–8,25)	7,91 (7,15–9,00)	
RV FAC (%)	42,11 (30,76–43,85)	53,97 (42,32–59,58)	54,97 (50,00–60,00)	56,01 (50,00–68,86)	

najmniejszy spadek TAPSE i MAPSE obserwowano w grupie pacjentów z ASDII, co jednak może być wyrazem małej liczebności tej podgrupy. W przypadku pozostałych typów wad wyniki pomiarów nie różniły się istotnie.

Wartości RV FAC w kolejnych badaniach pozostawały na tym samym poziomie, nieznacznie przewyższającym wartości wyjściowe.

TAPSE i MAPSE to dystans, który pierścienie zastawek przedsionkowo-komorowych pokonują od najwyższego położenia osiągniętego w szczycie skurczu przedsionka do najniższego – w maksimum skurczu komory^(1,2,6). Jego ocena polega na pomiarze zakresu ruchu płaszczyzny pierścieni zastawek przedsionkowo-komorowych w projekcji czterojamowej koniuszkowej (Ryc. 4). Faza rozkurczowa skierowanego ku górze (w kierunku podstawy serca) ruchu pierścieni zastawkowych składa się z dwóch podokresów: rozkurczu komory i skurczu przedsionka (wznoszenie przedsionkowe – *atrial ascent*). Zakres ruchu płaszczyzny pierścieni zastawek przedsionkowo-komorowych w okresie skurczu zależy od pozycji wyjściowej osiągniętej w następstwie skurczu przedsionka, a więc zarówno

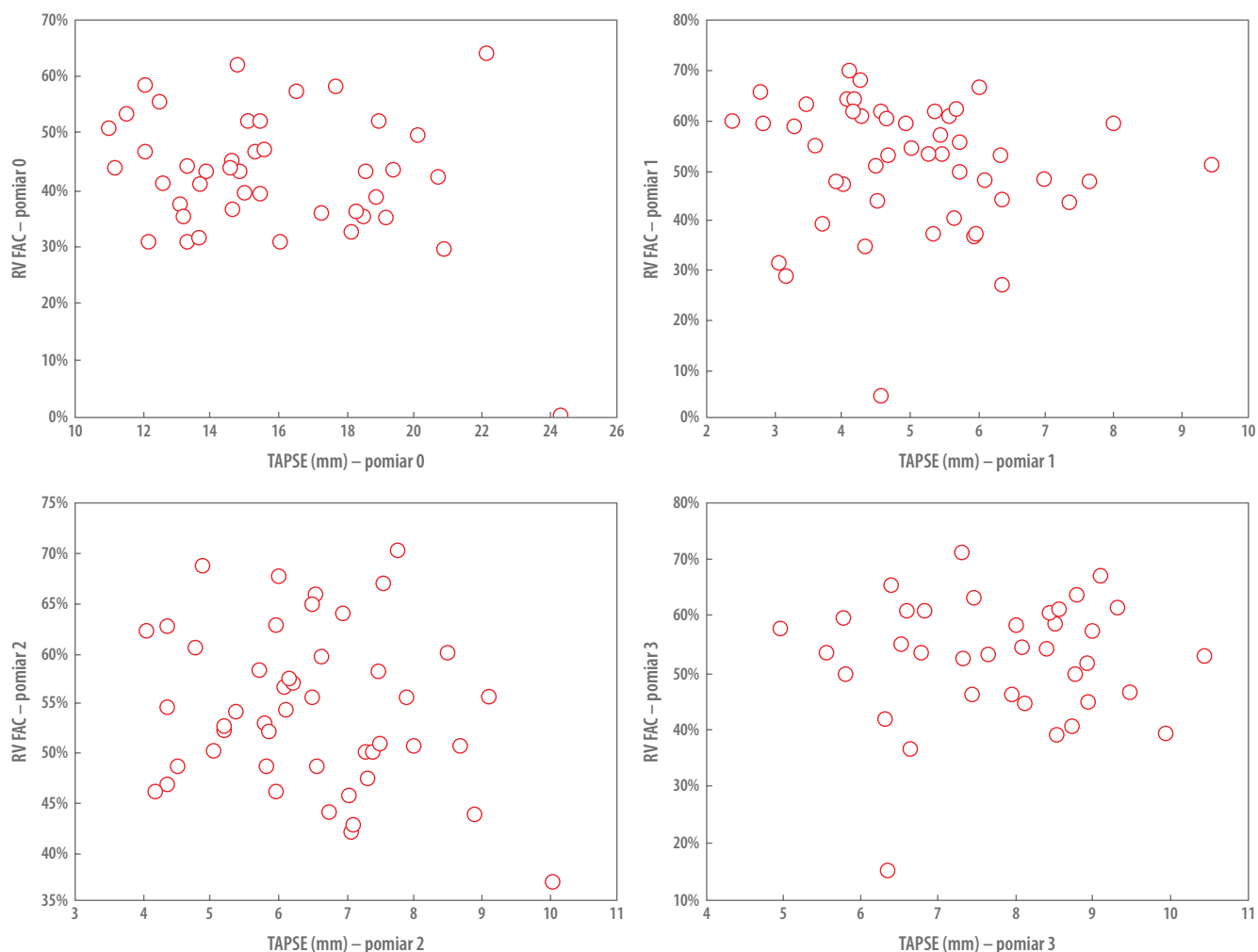
od funkcji skurczowej, jak i rozkurczowej nie tylko komór, ale także przedsionków. W warunkach prawidłowych występują istotne różnice pomiędzy zakresem a dynamiką ruchu pierścieni zastawek przedsionkowo-komorowych:

- TAPSE jest istotnie większe niż MAPSE;
- średnia amplituda wznoszenia pierścienia trójdziałnego w okresie skurczu przedsionków jest istotnie większa niż pierścienia mitralnego;
- MAPSE trwa dłużej niż TAPSE;
- czas trwania fazy wznoszenia pierścienia mitralnego jest krótszy niż trójdziałnego.

Przyczyny tych różnic nie są oczywiste i mogą wynikać z opisanych poniżej uwarunkowań⁽⁶⁾. Lewa komora (*left ventricle*, LV) ma liczne włókna zorientowane spiralnie (podwsięrdziowe i podnasierdziowe), które są odpowiedzialne za występowanie skrętnej komponenty ruchu skurczowego LV, będącej równie istotną składową mechaniki LV co komponenta podłużna – wymiary komory zmniejszają się w okresie skurczu równomiernie we wszystkich kierunkach. Włókna mięśniowe prawej komory mają odmienną orientację (praktycznie brak włókien spiralnych), przez co w skurczowym ruchu ścian RV dominuje komponenta podłużna, zwiększająca zakres ruchu pierścienia trójdziałnego w kierunku koniuszka. Ponadto zakres wznoszenia płaszczyzny pierścienia trójdziałnego w okresie skurczu przedsionka jest większy niż pierścienia mitralnego. Można to tłumaczyć odmienną budową ścian przedsionków, w szczególności ich uszek. W tym aspekcie najbardziej istotne wydają się zawartość i rozmieszczenie

Tab. 4. Zmiana wartości z-score TAPSE dla poszczególnych pomiarów

	Pomiar 0	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
z-score TAPSE	2,15 ± 2,22	−4,99 ± 1,33	−4,16 ± 1,12	−3,32 ± 0,98



Ryc. 4. Wykres rozrzutu parametru TAPSE oraz RV FAC w poszczególnych pomiarach

mięśni grzebieniastych. Uszko prawego przedsionka przylega do zewnętrznej części pierścienia trójdzielnego, a włókna mięśni grzebieniastych są zorientowane w osi głowowo-ogonowej, w kierunku prostym do płaszczyzny pierścienia zastawki trójdzielnej (*tricuspid valve*, TV), przez co ich skurcz wywiera znaczny wpływ na zakres jego ruchu, szczególnie jego bocznej części. Mniej liczne i mniej wydatne mięśnie grzebieniaste uszka lewego przedsionka nie mają bezpośredniego związku z pierścieniem mitralnym, co skutkuje mniejszym wpływem ich skurczu na zakres i dynamikę MAPSE. Nie bez znaczenia wydaje się też znacznie większa podatność na rozciąganie cienkiej ściany prawej komory niż grubej ściany komory lewej⁽⁶⁾.

Wykazano wysoki stopień korelacji pomiędzy TAPSE i MAPSE a EF RV (oraz RV FAC) i EF LV u osób zdrowych, a także obciążonych różnorodnymi chorobami upośledzającymi funkcję komór⁽³⁻¹³⁾. TAPSE i MAPSE mają ugruntowane zastosowanie w monitorowaniu funkcji skurczowej komór i bez wątpienia mogłyby stanowić bardzo użyteczne narzędzie nadzoru stanu hemodynamicznego bezpośrednio po operacji. Jak już jednak wspomniano, codzienne obserwacje wynikające z wczesnych badań pooperacyjnych wskazywały na nasilone obniżenie TAPSE, stawiając pod znakiem

zapytania możliwość wykorzystania tych parametrów. Systematyczne badanie, którego wyniki są prezentowane w niniejszej publikacji, potwierdziło to spostrzeżenie – bezpośrednio po operacji obserwowano u wszystkich pacjentów badanej grupy blisko 70-procentowy spadek wartości TAPSE, który nie uległ normalizacji w trakcie 3-tygodniowej obserwacji pooperacyjnej. Równolegle obserwowano także spadek wartości MAPSE, ale był on znacznie mniejszy (średnio 23% wartości wyjściowej), a w trakcie obserwacji nastąpił powrót do wartości wyjściowych. Jednoczesna ocena funkcji skurczowej prawej komory przy użyciu innego parametru (w warunkach prawidłowych wykazującego mocną korelację z TAPSE) – RV FAC – nie wykazała globalnego upośledzenia funkcji skurczowej prawej komory, a nawet jej niewielki, istotny statystycznie wzrost.

W ocenie autorów możliwe jest wytypowanie przyczyn obserwowanej dysproporcji spadku TAPSE i MAPSE. Przyczyny te wydają się związane przede wszystkim z technicznymi aspektami przeprowadzonej operacji. Wiele światła rzuca na to zagadnienie bezpośrednia obserwacja serca w trakcie procedury kardiologicznej. Po chirurgicznej ekspozycji serca łatwo można śledzić ruch prawej brzozy przedsionkowo-komorowej, będącej zewnętrznym

odpowiednikiem pierścienia trójdzielnego. W odniesieniu do oceny ruchu bruzdy można wyróżnić następujące etapy operacji:

- Otwarcie osierdzia – nie obserwowano uchwytnej zmiany ruchomości bruzdy.
- Kaniulacja aorty – także bez uchwytnej zmiany.
- Kaniulacja żył głównych, w szczególności dolnej – umiarkowane obniżenie ruchomości.
- Prawdopodobnie największy wpływ na dynamikę ruchu pierścienia trójdzielnego wywiera przecięcie przedniej ściany prawego przedsionka (RA) w celu uzyskania dostępu do wnętrza serca, a następnie jej zeszytanie. Obejmujący co najmniej 2/3 ściany uszka szew może upośledzać zarówno skurcz, jak i rozkurcz mięśni grzebieniastych uszka RA. Ruchomość bruzdy AV po odkleszczeniu aorty i przywróceniu samoistnej czynności serca jest wyraźnie mniejsza niż bezpośrednio po kaniulacji, przed otwarciem przedsionka, niezależnie od tego, jakie wrazenie wywiera skurcz mięśnia RV (nie obserwowano istotnych różnic pomiędzy pacjentami z hiper- i hipokinezą prawej komory). Dekaniulacja żył głównych w kolejnym etapie nie poprawia uchwytnej dynamiki ruchu bruzdy AV. Obserwacja serca w trakcie procedury wychodzenia z krążenia pozaustrojowego i czynności kończących operację przemawia za tym, że maksymalne zmniejszenie TAPSE występuje już w trakcie wychodzenia z krążenia, na pewno przed zamknięciem klatki piersiowej. Dlatego przyczyny zewnątrzsercowe (zrosty, obecność kaniul wewnątrznaczyniowych, drenów, płynów w jamach surowiczych czy innych czynników mechanicznych) wydają się wywierać mniejszy wpływ na obserwowane upośledzenie TAPSE. Argumentem przemawiającym za istotnym wpływem przecięcia ściany przedsionka na spadek TAPSE może być bardzo słabo wyrażona komponenta skurczu przedsionka (wznoszenie przedsionkowe – *atrial ascent*) krzywej ruchu pierścienia trójdzielnego.
- Podobny przebieg trendów TAPSE i MAPSE sugeruje, że oprócz czynników opisanych powyżej obie komory są poddane podobnym wpływom – najprawdopodobniej metabolicznym (ogłuszenie), które stosunkowo szybko ustępują (pełna normalizacja MAPSE i wzrost wartości TAPSE stwierdzone w czwartym badaniu). Na podłużną funkcję skurczową RV wywierane są jednak dodatkowe wpływy, nieustępujące pomimo normalizacji hemodynamicznej.

Chirurgiczne leczenie szeregu wrodzonych wad serca wymaga ingerencji w strukturę prawej komory – np. poszerzenie łata osierdziową lub złożoną protezą naczyniową hipoplastycznej drogi odpływu w tetralogii Fallota. Zazwyczaj wczesne wyniki korekcji są w pełni satysfakcjonujące, jednak ich wieloletni przebieg jest obciążony dużą liczbą powikłań. Dobrym przykładem są następstwa niedomykalności zdeformowanej zastawki płucnej, prowadzące do postępującej niewydolności prawokomorowej, wymagającej w konsekwencji operacji naprawczej lub implantacji zastawki sztucznej płucnej. Echokardiograficzne obrazowanie RV oraz ocena jej hemodynamiki napotykają istotne trudności techniczne nawet u zdrowych pacjentów, co wiąże się z położeniem prawej komory w bezpośrednim sąsiedztwie mostka i złożoną geometrią jej jamy,

uniemożliwiającą zastosowanie prostych modeli geometrycznych do obliczenia jej objętości. Po operacji naprawczej tetralogii Fallota pojawiają się dodatkowe czynniki zakłócające obrazowanie: zrosty pomiędzy wolną ścianą RV, przednimi częściami płuc i ścianą klatki piersiowej, obecność blizn chirurgicznych w ścianach serca, łaty lub proteza naczyniowa poszerzająca drogę odpływu prawej komory (*right ventricular outflow tract*, RVOT), niejednorodna kurczliwość ścian RV spowodowana resekcją i przecięciem wewnątrzkomorowych struktur mięśniowych czy wreszcie powszechnie występujące u tych pacjentów zaburzenia przewodnictwa śródkomorowego.

Metodą obrazowania pozwalającą ominąć wymienione powyżej ograniczenia i będącą złotym standardem oceny funkcji RV po korekcji ToF, szczególnie u pacjentów po 10. roku życia, jest MRI. Rezonans umożliwia precyzyjną ocenę objętości komory oraz jej zmian, a także pozwala na obliczenie rzutu RV i frakcji niedomykalności płucnej. Ograniczona dostępność, uciążliwość i jego potencjalnie niekorzystny wpływ na stan zdrowia badanych pacjentów sprawiają, że nie jest to metoda odpowiednia do bieżącego nadzoru pooperacyjnego. Echokardiografia, z jej nieinwazyjnością i łatwą dostępnością, pozostaje głównym narzędziem monitoringu, stąd nie ustają poszukiwania parametrów echokardiograficznych stanowiących odzwierciedlenie funkcji RV, które można ocenić nawet w trudnych warunkach pooperacyjnych i które umożliwiłyby kwalifikację pacjentów do MRI. Duże oczekiwania są związane z nowymi technikami (*Doppler tissue imaging*, DTI; *speckle tracking echocardiography*, STE), jednak one także nie są wolne od ograniczeń wynikających ze zmniejszenia okna akustycznego oraz położenia znacznej części ściany prawej komory zbyt blisko głowicy. Użycie TAPSE i MAPSE, które wymagają stosunkowo niewielkiego okna akustycznego, jest bardzo pociągającą alternatywą dla obliczania frakcji wyrzutowej czy nawet RV FAC, do czego konieczna jest precyzyjna wizualizacja znacznie większych fragmentów prawej komory.

W pracach dotyczących TAPSE u pacjentów po operacjach wrodzonych wad serca analizowano korelacje pomiędzy TAPSE i RV EF/RVE DVI, a także MAPSE i RV EF oraz RV EDVI. Publikowane wyniki są niejednoznaczne, co wydaje się wiązać z niejednorodnym doбором pacjentów i nie w pełni jasnym wpływem różnorodnych nieprawidłowości pooperacyjnych na funkcję skurczową komór. Część autorów wykazała występowanie istotnego statystycznie związku^(14–19), co uzasadniałoby zastosowanie tych parametrów w podejmowaniu decyzji o postępowaniu wyciekającym lub kwalifikacji pacjentów do MRI; inni⁽²⁰⁾ nie potwierdzili satysfakcjonującej korelacji, konkludując, że opierając się na parametrach podłużnej składowej funkcji skurczowej RV (także STE i DTI), nie można oszacować EF RV. We wszystkich pracach obserwowano niższe wartości TAPSE u pacjentów operowanych niż w grupie kontrolnej dobranej według wieku. Również w tym zakresie występowały różnice. W pracy analizującej największą grupę pacjentów po operacji tetralogii Fallota^(18,19) sugerowano, że w bezpośrednim okresie pooperacyjnym wartości TAPSE były prawidłowe, natomiast w trakcie wieloletniej

obserwacji obniżały się. Po siedmiu latach osiągały wartości poniżej 2 SD grupy kontrolnej. Wartości MAPSE wykazywały w trakcie obserwacji podobny trend.

W pierwszym opublikowanym badaniu⁽²¹⁾ analizującym TAPSE i MAPSE u dorosłych operowanych w CPB z powodu CAD i/lub wad zastawkowych stwierdzono istotne obniżenie TAPSE w badaniach bezpośrednio po operacji, a następnie stopniowy wzrost jego wartości po sześciu miesiącach, jednak bez pełnej normalizacji. MAPSE wykazało znacznie mniej nasiloną dynamikę. Jako wyjaśnienie sugerowano dysfunkcję RV i RA na skutek gorszej protekcji kardioplegicznej, większy wpływ znacznych ilości ciepła z lamp chirurgicznych na prawą, znajdującą się z przodu komorę, spływ stosunkowo ciepłej krwi do RA (kaniulowano przedsionek, a nie żyły główne górne) – prowadzący do ogłuszenia prawego przedsionka, wreszcie obecność drenów i kaniul w klatce piersiowej oraz akumulacja płynów w osierdziu i opłucnych w najwcześniejszym okresie pooperacyjnym, a w późniejszym – tworzenie się zrostów. Lepsza MAPSE ma wynikać z lepszej perfuzji kardioplegią lewej strony, z lepszej izolacji termicznej, z braku perfuzji LA w czasie operacji, a także zachowania ciągłości tylnej części osierdzia, braku bezpośredniego sąsiedztwa drenów oraz nieingerencji w struktury lewego serca w nieco późniejszym okresie.

Autorzy różnych prac^(14–20,22) zgodnie stwierdzali, że w obserwacjach odległych (15–20 lat) pacjentów po operacjach tetralogii Fallota z wykorzystaniem łaty poszerzającej RVOT wraz z powiększaniem się RV i pogarszaniem jej funkcji skurczowej na skutek ciężkiej niedomykalności płucnej następuje także stopniowe pogarszanie się funkcji skurczowej LV, co manifestuje się obniżaniem się parametrów podłużnej składowej skurczu LV (MAPSE). Z tego względu monitorowanie dynamiki TAPSE może również okazać się użyteczne w prognozowaniu wystąpienia dysfunkcji lewej komory. Przyjęto, że u osób młodocianych i dorosłych wartość TAPSE poniżej 1,5 cm jest złym prognostykiem^(17–19). Wydaje się, że to późno występujące obniżenie się wartości TAPSE jest spowodowane przede wszystkim niewydolnością prawej komory wtórną do jej przeciążenia objętościowego. Powstaje jednak pytanie, w jakim stopniu zmniejszenie zakresu ruchu skurczowego

pierścienia trójdzielnego pozostaje następstwem czynników występujących w bezpośrednim okresie pooperacyjnym, w którym nie obserwowaliśmy globalnej dysfunkcji skurczowej prawej komory (prawidłowa wartość RV FAC), i czy w związku z tym nie należałoby porównywać dynamiki TAPSE u pacjentów z tetralogią do pacjentów po przebytych operacjach innych wad wrodzonych, niepowodujących istotnej destrukcji struktur prawej komory. Za grupę odniesienia mogliby posłużyć pacjenci po korekcji ASD i VSD, którzy wykazywali w naszym badaniu zbliżony stopień obniżenia TAPSE w rejestracjach wykonanych bezpośrednio po operacji.

Wnioski

1. W prezentowanym materiale stwierdzono jednorodny w całej badanej grupie, znaczący statystycznie spadek wartości TAPSE u niemowląt po korekcji wrodzonych wad serca operowanych w CPB z dostępu przez prawy przedsionek. Wartości TAPSE pozostawały poniżej wartości prawidłowych przez cały czas obserwacji.
2. Nie obserwowano jednoczesnego obniżenia się wartości RV FAC. Wyniki te wskazują na nieprzydatność TAPSE w ocenie funkcji skurczowej prawej komory we wczesnym okresie pooperacyjnym i nakazują ostrożność w interpretacji wyników uzyskiwanych w obserwacji odległej.
3. Wartości MAPSE wykazywały jedynie niewielki spadek i w trakcie obserwacji pozostawały w granicach normy. Dowodzi to, że ruch pierścieni zastawek przedsionkowo-komorowych podlega w okresie okołopooperacyjnym odmiennym, nie w pełni jeszcze poznanym wpływom. Szybka normalizacja MAPSE umożliwia wykorzystanie tego parametru do monitorowania funkcji skurczowej lewej komory we wczesnym okresie pooperacyjnym.

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpływać na treść niniejszej publikacji oraz rościć sobie do niej prawo.

Piśmiennictwo

1. Simonson JS, Schiller NB: Descent of the base of the left ventricle: an echocardiographic index of left ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 1989; 2: 25–35.
2. Hammarström E, Wranne B, Pinto FJ, Puryear J, Popp RL: Tricuspid annular motion. *J Am Soc Echocardiogr* 1991; 4: 131–139.
3. Núñez-Gil IJ, Rubio MD, Cartón AJ, López-Romero P, Deiros L, García-Gueta L *et al.*: Determination of normalized values of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) in 405 Spanish children and adolescents. *Rev Esp Cardiol* 2011; 64: 674–680.
4. Koestenberger M, Nagel B, Ravekes W, Avian A, Heinzl B, Fritsch P *et al.*: Left ventricular long-axis function: reference values of the mitral annular plane systolic excursion in 558 healthy children and calculation of z-score values. *Am Heart J* 2012; 164: 125–131.
5. 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: 443–447.
6. Bazaz R, Edelman K, Gulyasy B, López-Candales A: Evidence of robust coupling of atrioventricular mechanical function of the right side of the heart: insights from M-mode analysis of annular motion. *Echocardiography* 2008; 25: 557–561.
7. López-Candales A, Rajagopalan N, Gulyasy B, Edelman K, Bazaz R: Comparative echocardiographic analysis of mitral and tricuspid annular motion: differences explained with proposed anatomic-structural correlates. *Echocardiography* 2007; 24: 353–359.
8. Cruz-Lemini M, Crispi F, Valenzuela-Alcaraz B, Figueras F, Sitges M, Gómez O *et al.*: Value of annular M-mode displacement vs tissue Doppler velocities to assess cardiac function in intrauterine growth restriction. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2013; 42: 175–181.

9. Winter MM, Bouma BJ, Hardziyenka M, De Bruin-Bon RH, Tan HL, Konings TC *et al.*: Echocardiographic determinants of the clinical condition in patients with a systemic right ventricle. *Echocardiography* 2010; 27: 1247–1255.
10. Giovanardi P, Tincani E, Rossi R, Agnoletto V, Bondi M, Modena MG: Right ventricular function predicts cardiovascular events in outpatients with stable cardiovascular diseases: preliminary results. *Intern Emerg Med* 2012; 7: 251–256.
11. Messing B, Gilboa Y, Lipschuetz M, Valsky DV, Cohen SM, Yagel S: Fetal tricuspid annular plane systolic excursion (f-TAPSE): evaluation of fetal right heart systolic function with conventional M-mode ultrasound and spatiotemporal image correlation (STIC) M-mode. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2013; 42: 182–188.
12. Ghio S, Recusani F, Klersy C, Sebastiani R, Laudisa M, Campana 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: 837–842.
13. Lee CY, Chang SM, Hsiao SH, Tseng JC, Lin SK, Liu CP: Right heart function and scleroderma: insights from tricuspid annular plane systolic excursion. *Echocardiography* 2007; 24: 118–125.
14. Vliegen HW, van Straten A, de Roos A, Roest AA, Schoof PH, Zwinderman AH *et al.*: Magnetic resonance imaging to assess the hemodynamic effects of pulmonary valve replacement in adults late after repair of tetralogy of fallot. *Circulation* 2002; 106: 1703–1707.
15. Kempny A, Diller GP, Orwat S, Kaleschke G, Kerckhoff G, Bunck AC *et al.*: Right ventricular-left ventricular interaction in adults with Tetralogy of Fallot: a combined cardiac magnetic resonance and echocardiographic speckle tracking study. *Int J Cardiol* 2012; 154: 259–264.
16. Morcos P, Vick GW 3rd, Sahn DJ, Jerosch-Herold M, Shurman A, Sheehan FH: Correlation of right ventricular ejection fraction and tricuspid annular plane systolic excursion in tetralogy of Fallot by magnetic resonance imaging. *Int J Cardiovasc Imaging* 2009; 25: 263–270.
17. Koestenberger M, Nagel B, Ravekes W, Everett AD, Stueger HP, Heinzl B *et al.*: Systolic right ventricular function in pediatric and adolescent patients with tetralogy of Fallot: Echocardiography versus magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2011; 24: 45–52.
18. Koestenberger M, Ravekes W, Everett AD, Stueger HP, Heinzl B, Gamillscheg A *et al.*: Right ventricular function in infants, children and adolescents: reference values of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) in 640 healthy patients and calculation of z-score values. *Jam Soc Echocardiogr* 2009; 22: 715–719.
19. Koestenberger M, Ravekes W, Nagel B, Avian A, Heinzl B, Fritsch P *et al.*: Longitudinal systolic ventricular interaction in pediatric and young adult patients with TOF: A cardiac magnetic resonance and M-mode echocardiographic study. *Int J Cardiovasc Imaging* 2013; 29: 1707–1715.
20. Bonnemains L, Stos B, Vaugrenard T, Marie PY, Odille F, Boudjemline Y: Echocardiographic right ventricle longitudinal contraction indices cannot predict ejection fraction in post-operative Fallot children. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2012; 13: 235–242.
21. Wranne B, Pinto FJ, Hammarström E, St Goar F, Puryear J, Popp RL: Abnormal right heart filling after cardiac surgery: time course and mechanisms. *Br Heart J* 1991; 66: 435–442.
22. Ghai A, Silversides C, Harris L, Webb GD, Siu SC, Therrien J: Left ventricular dysfunction is a risk factor for sudden cardiac death in adults late after repair of tetralogy of Fallot. *J Am Coll Cardiol* 2002; 40: 1675–1680.