

Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

Wydział Lekarski z Oddziałem Stomatologii i Oddziałem Nauczania w Języku Angielskim

Porównanie wczesnych wyników dwóch metod operacji wymiany opuszki aorty z zachowaniem własnej zastawki aortalnej.

Praca doktorska

Lek. Szymon Maciej Kocańda

Klinika Kardiologii | Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

Promotorzy:

Prof. dr hab. n. med. Tomasz Hirnle

Klinika Kardiologii, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

Prof. dr hab. n. med. Jacek Różański

Klinika Kardiologii i Transplantologii, Narodowy Instytut Kardiologii i Prymasa Stefana Kardynała Wyszyńskiego w Warszawie

Spis treści

| | | |
|-------------|--|-----------|
| I. | WYKAZ TABEL..... | 3 |
| II. | WYKAZ RYCIN..... | 4 |
| III. | WYKAZ SKRÓTÓW..... | 5 |
| IV. | WSTĘP..... | 6 |
| | 1. Wprowadzenie..... | 6 |
| | 2. Patofizjologia niedomykalności aortalnej..... | 7 |
| | 3. Tętniak aorty wstępującej..... | 9 |
| | 4. Metody diagnostyczne..... | 11 |
| | 5. Metody naprawy zastawki aortalnej..... | 14 |
| | 5.1. Metody historyczne..... | 14 |
| | 5.2. Koncepcja funkcjonalnego pierścienia aortalnego..... | 16 |
| | 5.3. Klasyfikacja niedomykalności aortalnej zorientowana na typy leczenia operacyjnego..... | 17 |
| | 5.4. Współczesne metody operacji..... | 21 |
| | 5.5. Operacje oszczędzające zastawkę aortalną..... | 22 |
| V. | CEL PRACY..... | 28 |
| | 1. Uzasadnienie badań..... | 28 |
| VI. | MATERIAŁ I METODY..... | 29 |
| | 1. Materiał – opis grup pacjentów objętych badaniem..... | 29 |
| | 2. Metody..... | 30 |
| | 2.1. Metody znieczulenia do operacji..... | 30 |
| | 2.2. Metody operacji..... | 31 |
| | 2.3. Śródoperacyjna ocena morfologii zastawki aortalnej..... | 34 |
| | 2.4. Metody oceny echokardiograficznej..... | 36 |
| | 2.5. Metody statystyczne..... | 37 |
| VII. | WYNIKI..... | 38 |
| | 1. Parametry przedoperacyjne..... | 38 |
| | 2. Parametry śródoperacyjne..... | 44 |
| | 3. Parametry pooperacyjne..... | 45 |
| | 4. Powikłania pooperacyjne..... | 51 |

| | | |
|--------------|-------------------------------|-----------|
| VIII. | OMÓWIENIE WYNIKÓW..... | 52 |
| IX. | WNIOSKI..... | 66 |
| X. | STRESZCZENIE..... | 67 |
| XI. | ABSTRACT..... | 71 |
| XII. | PIŚMIENICTWO..... | 75 |

I. WYKAZ TABEL

Tabela 1. Rozmiar należącej protezy w zależności od śródoperacyjnego wymiaru pierścienia aortalnego – algorytm zaproponowany przez zespół Lansac'a

Tabela 2. Stopniowanie ciężkości niedomykalności aortalnej

Tabela 3. Parametry demograficzne grup chorych

Tabela 4. Wybrane przedoperacyjne parametry kliniczne

Tabela 5. Przedoperacyjne parametry echokardiograficzne

Tabela 6. Stopień przedoperacyjnej niedomykalności aortalnej

Tabela 7. Parametry śródoperacyjne

Tabela 8. Stopień pooperacyjnej niedomykalności aortalnej

Tabela 9. Stopień poprawy niedomykalności aortalnej po operacji

Tabela 10. Zmiana stopnia niedomykalności aortalnej po operacji

Tabela 11. Pooperacyjne gradienty przez zastawkę aortalną

Tabela 12. Czas pobytu na Oddziale Pooperacyjnym

Tabela 13. Powikłania pooperacyjne

II. WYKAZ RYCIN

Rycina 1. Metody stosowane w operacjach naprawczych zastawki aortalnej.

Rycina 2. Anatomiczne i domyślne struktury FAA.

Rycina 3. Klasyfikacja niedomykalności aortalnej wg Lansac'a.

Rycina 4. Klasyfikacja niedomykalności aortalnej wg El Khoury'ego.

Rycina 5. Pierwsze modyfikacje operacji oszczędzających zastawkę aortalną.

Rycina 6. Pomiar eH z zastosowaniem dedykowanego narzędzia

Rycina 7. Występowanie objawów klinicznych \geq NYHA II w badanych grupach

Rycina 8. Porównanie liczby reoperacji w grupie badanej i grupie kontrolnej

Rycina 9. Stopień przedoperacyjnej niedomykalności aortalnej

Rycina 10. Rozmiar protezy naczyniowej użytej podczas zabiegu

Rycina 11. Stopień pooperacyjnej niedomykalności aortalnej

Rycina 12. Stopień poprawy niedomykalności aortalnej po operacji

Rycina 13. Niedomykalność aortalna pooperacyjna w stosunku do przedoperacyjnej z podziałem na grupy objęte badaniem.

Rycina 14. Czas pobytu na Oddziale Pooperacyjnym a kolejność operacji

III. WYKAZ SKRÓTÓW

IZW – Infekcyjne Zapalenie Wsierdzia
STJ – Sinotubular Junction
VSARR – Valve Sparing Aortic Root Replacement
LVEF - Left Ventricular Ejection Fraction
LVEDD - Left Ventricular End Diastolic Diameter
LVESD - Left Ventricular End Systolic Diameter
TTE – Transthoracic Echocardiogram
AVJ – Aorto-Ventricular Junction
TEE – Transesophageal Echocardiogram
EKG – Elektrokardiogram
FAA - Functional Aortic Annulus
LVOT - Left Ventricular Outflow Tract
AVR – Aortic Valve Replacement
PTFE – Politetrafluoroethylene
LCC – Left Coronary Cusp
NCC – Noncoronary Cusp
eH – effective height
LV – Left Ventricle
PHT – Pressure Half-Time
VC – Vena Contracta
RV – Regurgitant Volume
RF – Regurgitant Fraction
EROA – Effective Regurgitant Orifice Area
NYHA – New York Heart Association
BAV – Bicuspid Aortic Valve
EF – Ejection Fraction
IA – Insufficiencia Aortalis
ECC – Extracorporeal Circulation
CCT – Cross-Clamping Time
CRRT – Continuous Renal Replacement Therapy
OUN – Ośrodkowy Układ Nerwowy

IV. WSTĘP

1. Wprowadzenie

Niedomykalność zastawki aortalnej to wada zastawkowa serca stanowiąca 13-21% istotnych wad zastawkowych w zależności od rejestru [1]. Może być spowodowana bezpośrednim uszkodzeniem płatków zastawki lub wadą anatomiczną budowy opuszki aorty i początkowego fragmentu aorty wstępującej. Ze względu na czas trwania wady niedomykalność aortalną możemy podzielić na ostrą i przewlekłą.

Ostra niedomykalność aortalna jest stanem nagłym i jest spowodowana najczęściej przez infekcyjne zapalenie wsierdzia (IZW). Druga, rzadziej występująca przyczyna, to rozwarstwienie aorty. Ostra niedomykalność aortalna to choroba wymagająca pilnej interwencji kardiochirurgicznej jako stan gwałtownego przeciążenia objętościowego lewej komory serca. Manifestuje się cechami ostrej niewydolności lewokomorowej z obrzękiem płuc włącznie.

Przewlekła niedomykalność zastawki aortalnej spowodowana jest najczęściej degeneracją dwupłatkowej (częściej) lub trójpłatkowej zastawki. Drugą w kolejności pod względem częstości przyczyną jest poszerzenie opuszki aorty i aorty wstępującej. [2], [3]. W przypadku, gdy pierwotną patologią prowadzącą do rozwoju niedomykalności aortalnej jest poszerzenie opuszki aorty lub aorty wstępującej, zabieg operacyjny poza interwencją na samej zastawce musi obejmować dodatkowo wycięcie poszerzonego odcinka aorty i jego wymianę na protezę naczyniową. We wczesnym okresie rozwoju kardiochirurgii nie znano technik operacji wymiany opuszki aorty oszczędzających zastawkę aortalną. Wycięcie zmienionej chorobowo opuszki aorty łączyło się z wycięciem własnej zastawki aortalnej pacjenta i wszczepieniem zastawki sztucznej. Operacja tego typu po raz pierwszy została opisana w 1968 roku przez Bentall'a i De Bono [4]. Autorzy opisują metodę polegającą na wykonaniu konduitu aortalnego z protezy naczyniowej doszytej bezpośrednio do pierścienia mechanicznej zastawki kulkowej typu Starr. Tak utworzona kombinowana proteza wszczepiana była w miejsce całego natywnego kompleksu aortalnego – zastawka aortalna, opuszka aorty, połączenie zatokowo-cylindryczne (ang. sinotubular junction – STJ), aorta wstępująca. Obecnie w powszechnym użyciu dostępne są gotowe konduity aortalne z zastawkami zarówno mechanicznymi jak i biologicznymi, zasada operacji pozostaje

jednak cały czas ta sama. Usunięcie własnej zastawki i zastąpienie jej zastawką mechaniczną lub biologiczną nie jest jednak zdarzeniem obojętnym dla dalszego funkcjonowania i rokowania pacjenta. U chorych z wszczepioną zastawką obserwujemy całą gamę powikłań związanych z protezą zastawkową (ang. valve-related complications, prosthesis-related complications). Obejmują one głównie powikłania zakrzepowo-zatorowe oraz krwotoczne w przypadku zastawek mechanicznych, natomiast degeneracyjne w przypadku zastawek biologicznych. Problemem jest także częstsze niż na zastawce natywnej występowanie IZW i konieczność reoperacji [5].

W przypadkach niedomykalności aortalnej spowodowanej poszerzeniem aorty, sama zastawka aortalna najczęściej nie jest zmieniona – płatki mają prawidłową budowę. Wycięcie „zdrowej” zastawki i jej wymiana na zastawkę mechaniczną lub biologiczną wynikająca z metody operacyjnej, jest dla pacjenta okaleczeniem. Pacjent zostaje w takim przypadku wciągnięty do grupy narażonej na wymienione wcześniej powikłania związane z protezą zastawkową. Zagadnienie to pozostawało i do dziś pozostaje w centrum zainteresowań kardiochirurgów specjalizujących się w chirurgii zastawki aortalnej. Doprowadziło to do stworzenia metod wymiany poszerzonej aorty z zachowaniem własnej zastawki aortalnej pacjenta (VSARR – Valve Sparing Aortic Root Replacement). Dwie główne koncepcje zostały opisane na początku lat 90-tych ubiegłego stulecia. W 1992 roku David i Feindel opisali metodę reimplantacji zastawki aortalnej [6], tylko rok później Sarsam i Yacoub metodę remodelingu opuszki aorty [7]. Te dwie koncepcje, pierwotnie istotnie różniące się w podstawowych założeniach, w kolejnych drobnych modyfikacjach stanowią podstawę do dziś.

2. Patofizjologia niedomykalności aortalnej

Podstawowym mechanizmem patofizjologicznym niedomykalności aortalnej prowadzącym do dalszych następstw hemodynamicznych, jest przeciążenie objętościowe lewej komory serca. Wynika ono z cofania się pewnej objętości krwi z aorty do lewej komory poprzez nieuszczelną zastawkę w każdym cyklu serca. Zaburzenia hemodynamiczne i objawy pacjenta zależą od czasu trwania wady i stopnia niedomykalności, czyli bezwzględnej objętości cofającej się krwi. Jak wspomniano wcześniej, ze względu na czas trwania wady wyróżniamy ostrą i przewlekłą niedomykalność aortalną.

Ciężka ostra niedomykalność zastawki aortalnej spowodowana np. infekcyjnym zapaleniem wsierdza lub ostrym rozwarstwieniem aorty źle rokuje bez wykonania operacji kardiochirurgicznej. Objętość krwi cofającej się do lewej komory serca jest od początku duża, brak jest czasu na adaptację serca do nowych warunków hemodynamicznych. Mało podatne ściany lewej komory nie są w stanie dostosować się do zwiększonego obciążenia objętościowego. Powoduje to wzrost ciśnienia późnorozkurczowego w lewej komorze, następnie wzrost ciśnienia w lewym przedsionku i krążeniu płucnym. Prowadzi to do obrzęku płuc wskutek ostrej niewydolności lewokomorowej serca. Taki obraz kliniczny powoduje, że ostra niedomykalność zastawki aortalnej zazwyczaj wymaga leczenia operacyjnego w trybie pilnym [2], [3].

W przypadku wady przewlekłej, stopniowo postępująca i narastająca niedomykalność zastawki aortalnej, prowadzi początkowo do kompensacyjnego przerostu mięśnia lewej komory, a następnie do jej poszerzenia. W tym mechanizmie komora zwiększa podatność ścian zachowując objętość wyrzutową. Jest to faza bezobjawowa wady, która wiąże się z niskim ryzykiem niekorzystnych zdarzeń sercowo-naczyniowych [1]. Według europejskich wytycznych dotyczących postępowania w przypadku przewlekłej niedomykalności aortalnej, wskazania do leczenia operacyjnego mają chorzy objawowi (IB) oraz chorzy bezobjawowi z LVEDD (Left Ventricular End Systolic Diameter) > 50 mm lub >25 mm/m² powierzchni ciała u pacjentów małych rozmiarów lub LVEF (Left Ventricular Ejection Fraction) poniżej 50% (IB), a leczenie chirurgiczne można rozważyć u pacjentów bezobjawowych z LVEDD >20 mm/m² powierzchni ciała (zwłaszcza u pacjentów małych rozmiarów) lub ze spoczynkową LVEF $<55\%$ jeżeli leczenie chirurgiczne niesie za sobą niskie ryzyko (IIbC). W aktualnie obowiązującym dokumencie po raz pierwszy w wytycznych pojawił się punkt mówiący o tym, że plastyka zastawki aortalnej może zastąpić wymianę u wybranych pacjentów w doświadczonych ośrodkach (IIbC). Ponadto u młodych pacjentów z poszerzoną aortą zalecane są operacje wymiany opuszki aorty z oszczędzeniem własnej zastawki (IB) [2]. Wytyczne amerykańskie mówią podobnie, jeżeli chodzi o chorych objawowych (IB). Amerykanie zalecają leczenie operacyjne u pacjentów bezobjawowych z LVEF $< 55\%$ (IB), jednak następuje rozdział siły zaleceń w przypadku rozważania jedynie rozstrzeni komory. Według wytycznych ACC/AHA operacja jest uzasadniona u pacjentów bezobjawowych z LVEF 55% i wyższą, ale z LVEDD > 50 mm lub indeksowanym >25 mm/m² (IIaB), natomiast można rozważyć

leczenie operacyjne u pacjentów z zachowaną funkcją skurczową lewej komory, ale z postępującą rozstrzenią (LVEDD > 65 mm), lub przy spadającej w kolejnych 3 badaniach LVEF do poziomu 55-60% jeżeli ryzyko operacyjne jest niskie (IIbC) [3].

3. Tętniak aorty wstępującej

Tętniakiem aorty określamy patologiczne poszerzenie segmentu aorty mające tendencję do dalszego poszerzania i pęknięcia. Przyjęto, że rozpoznajemy tętniaka w przypadku, gdy wymiar danego segmentu aorty rośnie o więcej niż 50 % w stosunku do rozmiarów oczekiwanych w zdrowej populacji w tym samym segmencie aorty, u osób tego samego wieku i tej samej płci [8] .

Prawdziwa częstość występowania tętniaków jest trudna do ustalenia, ponieważ jest to zazwyczaj choroba niema. Nawet 95% tętniaków aorty to tętniaki bezobjawowe, co oznacza, że większość z nich zostaje rozpoznanych przypadkowo podczas badań obrazowych wykonywanych z innego powodu, lub gdy wystąpią ostre powikłania – rozwarstwienie lub pęknięcie. Częstość rozpoznawania jest zaniżona również przez to, że wiele śmiertelnych w skutkach pęknięć lub rozwarstwień jest klinicznie zakwalifikowanych jako zawał mięśnia sercowego i przy braku weryfikacji sekcyjnej tak figuruje w statystykach. Częstość występowania bezobjawowych tętniaków aorty piersiowej jest określana na 0,16% - 0,34%. Roczna zapadalność jest oceniana na około 6 – 10 przypadków na 100000 pacjentolat. Częstość występowania wydaje się obecnie rosnąć. Tłumaczone to jest dwoma głównymi powodami. Pierwszym jest starzenie się populacji – to może odpowiadać realnemu wzrostowi częstości, drugim – zwiększona powszechność i częstość wykonywania badań obrazowych – czyli fałszywy wzrost częstości przez zwiększoną wykrywalność [9].

Tętniak aorty jako choroba, jest uznawany za proces degeneracyjny obejmujący wszystkie warstwy ściany naczynia. Patofizjologia procesu obejmuje cztery składowe: naciekanie ściany aorty przez limfocyty i makrofagi, niszczenie elastyny i kolagenu w błonie środkowej i błonie zewnętrznej przez proteazy, utrata komórek mięśni gładkich warstwy środkowej z jej ścieńczeniem oraz neowaskularyzacja [8].

Tętniak aorty poza występowaniem jako samodzielna jednostka chorobowa, może występować jako składowa złożonych zespołów genetycznych – zespołu Marfana (najczęściej), zespołu Ehlers-Danlos, zespołu Loeys-Dietz i zespołu Turnera. Obecnie wydaje się, że czynnik genetyczny odgrywa w występowaniu tętniaków aorty

piersiowej znacznie ważniejszą rolę niż dotąd sądzono. 21% pacjentów z tętniakiem aorty piersiowej ma w rodzinie przynajmniej jedną osobę z rozpoznaniem tętniakiem aorty brzusznej. Dlatego tak duży nacisk kładzie się na przeprowadzanie badań przesiewowych w rodzinach z występowaniem tętniaka [9].

Tempo wzrostu tętniaka zależy od jego wielkości - mniejsze tętniaki rosną wolniej - od ok. 0,1 cm/rok dla wymiarów 4 cm do ok. 0,19 cm/rok dla tętniaków dużych (8cm). Podobnie lokalizacja tętniaka również związana jest z tempem jego przyrostu – tętniaki aorty wstępującej poszerzają się wolniej (0,1 cm/rok) niż tętniaki aorty zstępującej (0,29 cm/rok). U pacjentów z tętniakiem rodzinnym przyrost jest szybszy i dochodzi do 0,21 cm/rok uśredniając aortę wstępującą i zstępującą, natomiast odpowiednio u pacjentów z tętniakiem występującym przypadkowo tempo wzrostu to ok. 0,16 cm/rok. I wreszcie tętniaki występujące jako składowe zespołów genetycznych również różnią się tempem wzrostu. W zespole Marfana to średnio 0,1 cm/rok, natomiast w najbardziej złośliwym zespole Loey-Dietz tętniak może przyrastać w tempie do 1,0 cm/rok – to powoduje, że średni wiek śmierci pacjentów z takim rozpoznaniem to 26 rok życia [9].

Wytyczne dotyczące leczenia operacyjnego tętniaków aorty bazują na wyznaczonym - na podstawie badań obserwacyjnych naturalnego przebiegu choroby - granicznym wymiarze tętniaka. Po przekroczeniu wspomnianego wymiaru istotnie rośnie ryzyko pęknięcia i spada pięcioletnie przeżycie chorych. Wymiar graniczny dla aorty wstępującej to 6 cm. Roczne ryzyko pęknięcia tętniaka o wymiarach 4 – 4,9 cm to ok. 2 %, natomiast dla tętniaków 6 cm to już 7 %. 5 - letnie przeżycie pacjentów z nieleczonym tętniakiem aorty wstępującej wielkości 6 cm wynosi tylko 54%. Dlatego interwencja chirurgiczna powinna się odbyć zanim tętniak osiągnie ten graniczny rozmiar [9]. Jest to kwestia wyboru momentu, w którym ryzyko operacyjne nie przewyższa ryzyka związanego z samą chorobą. Śmiertelność w operacjach planowych wymiany aorty wstępującej, włączając w to wymianę również opuszki aorty i ewentualnie zastawki aortalnej zawiera się w przedziale 1,6 – 4,8 % [10]. Coady i wsp. w swojej pracy opublikowanej w 1997 roku, opisali obserwację 230 pacjentów leczonych w szpitalu uniwersyteckim Yale w latach 1985 – 1996. Mediana wymiaru aorty wstępującej i łuku aorty podczas wystąpienia pęknięcia lub rozwarstwienia wyniosła 6 cm. Jednak, gdyby właśnie ten wymiar był traktowany jako kryterium wskazań do leczenia operacyjnego, u połowy pacjentów doszłoby do poważnych powikłań (pęknięcie, rozwarstwienie) przed leczeniem operacyjnym.

Dlatego operacja powinna być wykonana przy niższych wymiarach – autorzy proponują 5,5 cm. Takie podejście wyprzedzające jest poparte również tym, że zabieg operacyjny planowy na aorcie wstępującej lub łuku wiąże się ze stosunkowo niską śmiertelnością (4,3 %) w stosunku do operacji pilnej (20,5 %) z powodu powikłań [11].

Obecnie w ustalaniu wskazań do leczenia operacyjnego posługujemy się wytycznymi europejskimi z 2014 roku. W dokumencie tym jasno jest określony cel leczenia operacyjnego - zapobieganie ryzyka rozwarstwienia lub pęknięcia aorty poprzez jej wymianę i przywrócenie właściwego wymiaru. Procedury polegające na aortoplastyce zwężającej bez wymiany odcinka aorty oraz tzw. wrapping (ang. owijanie) aorty materiałem sztucznym mającym zapobiegać dalszemu jej poszerzaniu, nie są zalecane, poza przypadkami pacjentów, u których kaniulacja aorty i krążenie pozaustrojowe są niemożliwe lub przeciwwskazane. Wskazania do leczenia operacyjnego tętniaka aorty są oparte w głównej mierze na średnicy aorty i wynikają z porównania ryzyka pęknięcia w naturalnym przebiegu choroby z ryzykiem leczenia operacyjnego. Zabieg operacyjny powinien być wykonany u pacjentów z zespołem Marfana i średnicą aorty 50 mm i wyższą. Można rozważyć próg 45 mm u pacjentów z dodatkowymi czynnikami ryzyka – rozwarstwienie aorty w wywiadzie rodzinnym, wzrost tętniaka > 3 mm/rok, ciężka niedomykalność aortalna lub chęć zajścia w ciążę. Pacjenci z cechami marfanoidalnymi powinni być leczeni według tych samych zasad. U pacjentów z zespołem Loey-Dietz proponuje się zabieg operacyjny przy średnicy > 42 mm. Operacja powinna być wykonana u pacjentów z dwupłatkową zastawką aortalną z maksymalną średnicą aorty 55 mm lub wyższą. U tych pacjentów można rozważyć próg 50 mm w przypadku współistnienia dodatkowych czynników ryzyka – wywiad rodzinny, nadciśnienie tętnicze, koarktacja aorty lub wzrost średnicy aorty > 3 mm/rok. Należy uwzględnić również wiek, wielkość ciała, choroby współistniejące i rodzaj zabiegu operacyjnego. Bez względu na etiologię, zabieg operacyjny powinien być wykonany u pacjentów z aortą 55 mm i szerszą [10].

4. Metody diagnostyczne

Najmniej dokładnym badaniem obrazowym, które może nasunąć podejrzenie obecności tętniaka aorty wstępującej lub łuku aorty jest zdjęcie rentgenowskie klatki piersiowej. Nie jest to badanie wykorzystywane do rozpoznawania lub monitorowania

choroby, jednak wykonane przy innej okazji może się przyczynić do rozpoznania tętniaka aorty piersiowej.

Najbardziej powszechnym i najmniej inwazyjnym badaniem do wykrywania i monitorowania tętniaków aorty piersiowej jest przezklatkowe badanie echokardiograficzne (TTE). Jest to metoda używana najczęściej do oceny proksymalnych segmentów aorty. Pozwala również na ocenę anatomiczną i funkcjonalną zastawki aortalnej, ze szczególnym uwzględnieniem niedomykalności aortalnej bardzo często współistniejącej z tętniakiem aorty wstępującej. Jest to również metoda monitorowania wymiarów opuszki aorty, co wraz z oceną niedomykalności aortalnej pozwala wychwycić właściwy moment skierowania chorego do leczenia operacyjnego. Biorąc pod uwagę, że najczęstszym segmentem, który ulega poszerzeniu jest segment proksymalny aorty, TTE jest wykorzystywane jako badanie przesiewowe w wykrywaniu tętniaka.

W prawidłowych badaniach echokardiograficznych można zauważyć występowanie „fizjologicznych” niedomykalności zastawki trójdzielnej i płucnej łagodnego stopnia, jednak nie można rozpoznać „fizjologicznej” niedomykalności aortalnej. Po rozpoznaniu niedomykalności zastawki aortalnej konieczna jest pełna ocena kompleksu aortalnego (płatki zastawki, opuszka aorty, aorta wstępująca) w celu ustalenia etiologii wady, a następnie ocena rozmiarów, geometrii i funkcji lewej komory [12]. Pełna ocena kompleksu aortalnego powinna obejmować wszystkie jego składowe. Ilość płatków aortalnych – czy zastawka jest trójpłatkowa czy dwupłatkowa. Dokładny opis budowy płatków zastawki – ilość tkanki (nadmiar, restrykcja), wysokość płatków, ich ruchomość i podatność, grubość i ewentualne ubytki (fenestracje). Ocenę morfologii komisur, ewentualnie w przypadku zastawki dwupłatkowej obecność raphe lub jego brak i ich orientację względem siebie (klasyfikacja Sieverssa). Ostatnim elementem jest ocena opuszki aorty, wymiarów AVJ, zatok Valsalvy, STJ i początkowego odcinka aorty wstępującej [13]. W aktualnych wytycznych Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego plastyka zastawki aortalnej jako leczenie chirurgiczne niedomykalności aortalnej osiągnęła klasę I zaleceń (poziom C) [2]. Nadal pozostaje jednak zabiegiem mało rozpowszechnionym z powodu jego złożoności.

W przypadkach, gdy badanie przezklatkowe nie jest w stanie udzielić wszystkich odpowiedzi na temat stopnia i etiologii wady, z pomocą przychodzi badanie echokardiograficzne przezprzełykowe (TEE). Echokardiografia przezprzełykowa jest

również standardem w ocenie śródoperacyjnej. Jest to metoda nieco bardziej inwazyjna, niemniej jednak anatomiczne sąsiedztwo przełyku i aorty pozwala na uzyskanie dokładnych obrazów o wysokiej rozdzielczości. Badanie wymaga jednak sedacji, ścisłej kontroli ciśnienia tętniczego i wykluczenia chorób przełyku. Z tych przyczyn jest metodą wykorzystywaną głównie w przypadku występowania niejasności w badaniu przezklatkowym lub śródoperacyjnie i w zasadzie nie ma zastosowania w monitorowaniu przebiegu choroby.

Główną rolę w rozpoznaniu, ocenie ryzyka i wyborze dalszego postępowania odgrywa tomografia komputerowa. Tomografia pozwala na uzyskanie trójwymiarowego obrazu całej aorty. Obecnie badanie to jest powszechnie dostępne. W ocenie wykorzystuje się badania bramkowane EKG oraz wykonywane na aparatach 16-sto lub więcej rzędowych. Zaleca się wykonywanie badania angio-TK z kontrastem poprzedzonego wykonaniem badania bez kontrastu – ma to znaczenie zwłaszcza przy różnicowaniu ostrego rozwarstwienia aorty i krwiaka śródściennego aorty. Przy wykorzystaniu aparatów 64 i więcej rzędowych można dodatkowo ocenić tętnice wieńcowe dla pełnego określenia zakresu operacji. Tomografia komputerowa pozwala na dokładną lokalizację chorego segmentu aorty, pomiar szerokości aorty, ocenia obecność blaszek miażdżycowych, skrzeplin przyściennych, krwiaka śródściennego, penetrujących owrzodzeń oraz zwapnień. W przypadkach ostrego rozwarstwienia tomografia komputerowa pozwala ocenić jego obecność i rozległość. Pozwala także na dokładne wymiarowanie aorty wstępującej, opuszki aorty i łączy opuszkowo-cylindrycznego (STJ) oraz ocenę morfologii zastawki aortalnej. Badanie wiąże się jednak z koniecznością poddania chorego działaniu promieniowania jonizującego. Jest to związane ze wzrostem ryzyka zachorowania na nowotwór, większego u ludzi młodych i u kobiet. Ulega ono wyrównaniu po 50 roku życia do wartości porównywalnych ze zdrową populacją ogólną.

Badania diagnostyczne które pozwalają na rozpoznanie choroby, ale nie są wykonywane rutynowo to aortografia i rezonans magnetyczny. Aortografia to badanie inwazyjne, wymagające cewnikowania naczyniowego i użycia kontrastu. Jako badanie angiograficzne pokazuje światło wewnętrzne naczynia, pozwala określić jego wymiar i kształt, jednak nie pozwala na ocenę samej ściany aorty. Umożliwia ocenę szczelności zastawki aortalnej i funkcję lewej komory. Może być pomocna w przypadkach, gdy wyniki badań nieinwazyjnych są niejednoznaczne lub niekompletne. Metoda rezonansu magnetycznego w swojej charakterystyce bardzo dobrze nadaje się do

oceny aorty. Pozwala uzyskać wyraźny kontrast pomiędzy przepływającą krwią a ścianą aorty. Dostarcza wszystkich koniecznych danych dotyczących rozmiaru, kształtu i rozległości tętniaka oraz występowania skrzeplin przyściennych. W związku z brakiem konieczności wykorzystania promieniowania jonizującego w obrazowaniu jest dobrą metodą do badań seryjnych u młodych ludzi, w celu monitorowania postępu choroby lub efektu pooperacyjnego. Ograniczenia metody są dwa – mniejsza dostępność od tomografii komputerowej oraz czas konieczny do wykonania pełnego badania, co praktycznie eliminuje użycie metody w przypadkach pilnych jak rozwarstwienie aorty [10].

5. Metody naprawy zastawki aortalnej.

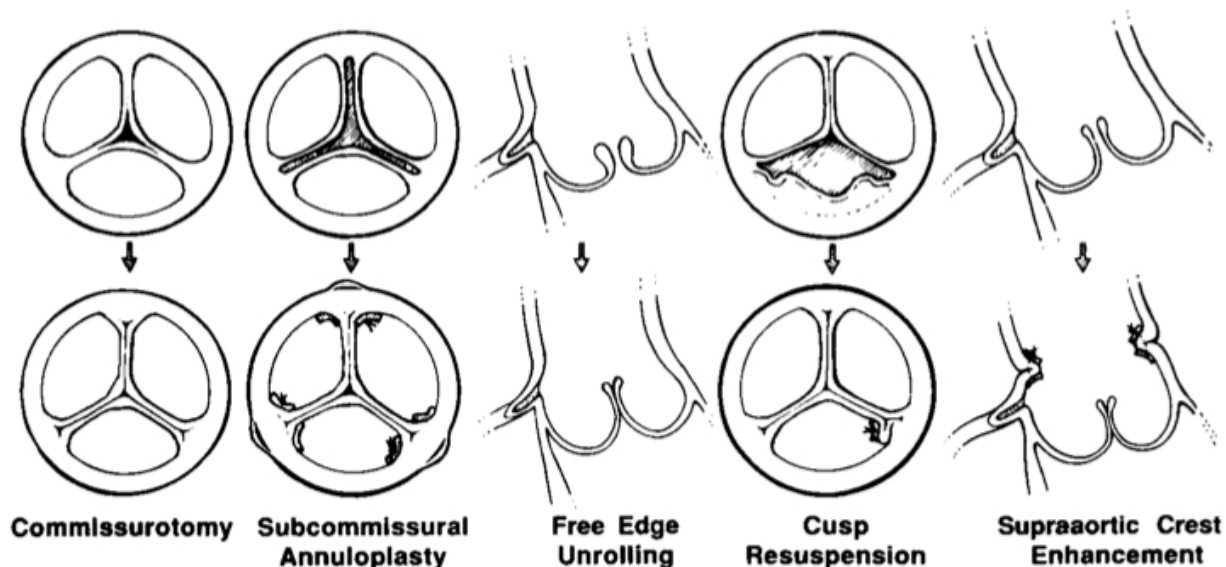
5.1. Metody historyczne.

Od lat 90-tych ubiegłego wieku trwa intensywny rozwój metod naprawczych zastawki aortalnej. Plastyka zastawki aortalnej nie jest jednak nową koncepcją w kardiologii.

Po raz pierwszy opisana w 1960 roku przez zespół Starr'a technika dotyczyła naprawy zastawki aortalnej u chorych z niedomykalnością aortalną skojarzoną z ubytkiem przegrody międzykomorowej [14]. W 1962 zespół Spencera [15], a później Tusler ze współpracownikami [16] próbowali zastosować podobne techniki w opisywanej wadzie, jednak bez sukcesu. W 1966 roku Cabrol z zespołem opisali technikę podspoidłowej plastyki pierścienia zastawki aortalnej [17]. Początkowo jednak operacje naprawcze zastawki aortalnej były raczej zabiegami wykonywanymi rzadko, bez ustalonej techniki, mało powtarzalne, z różnymi wynikami. Na początku lat 90-tych ubiegłego stulecia Duran i wsp. publikują materiał z 2 lat operacji naprawczych zastawki aortalnej (1988-1990). Materiał obejmuje 107 pacjentów, u których wykonano plastykę zastawki aortalnej jako operację izolowaną lub składową operacji złożonej [18]. W trakcie operacji u pacjentów z relatywnie podatnymi płatkami, z niewielką restrykcją stosowano metody obejmujące komisurotomię, podspoidłową plastykę pierścienia aortalnego, „odwijanie” pogrubiałego wolnego brzegu płatka, podwieszenie wypadającego płatka oraz wytworzenie „grzebienia” nadzastawkowego na poziomie STJ. Opisane metody zostały schematycznie przedstawione na rycinie 1.

Rycina 1

Metody stosowane w operacjach naprawczych zastawki aortalnej. Rysunek zamieszczony w pracy: Duran C, Kumar N, Gometza B, al Halees Z. Indications and limitations of aortic valve reconstruction. Ann Thorac Surg 1991;52:447-54 [18].



(commissurotomy – komisurotomia aortalna, subcommissural annuloplasty – plastyka podspoidłowa pierścienia, free edge unrolling – rozwinięcie wolnego brzegu, cusp resuspension – podwieszenie płatków, supraaortic crest enhancement – wytworzenie grzebienia nadaortalnego)

Zastawki z dużą niedomykalnością spowodowaną znacznym pogrubieniem płatków, z retrakcją ponad połowy płatków, kwalifikowane były do zabiegu „przedłużenia” lub inaczej rekonstrukcji płatków z użyciem trymowanego glutaraldehydem osierdzia.

W tym samym roku Cosgrove i wsp. publikują wyniki operacji 28 kolejnych pacjentów, u których wykonano plastykę zastawki aortalnej stosując następujące metody: resekcja trójkątna wypadającego płatków, plastyka subkomisuralna pierścienia aortalnego i wycięcie raphe w przypadku zastawki dwupłatkowej [19].

Już wtedy na początku lat 90-tych stworzono koncepcje prawie wszystkich metod stosowanych w celu naprawy zastawki aortalnej do dnia dzisiejszego. Niektóre z nich przeszły w tym czasie jedynie drobne modyfikacje. Do zabiegów naprawczych kwalifikowano pacjentów z niedomykalnością aortalną powstałą na skutek wypadającego płatków, perforacji w płatku lub obu mechanizmów. Dopuszczano niewielki stopień kalcyfikacji płatków, zwłaszcza w przypadku zastawek dwupłatkowych z obecnym raphe. Interwencje na płatkach zastawki obejmowały

plikację centralną wolnego brzegu płątka, resekcję trójkątną części płątka, zamknięcie fenestracji lub perforacji łąką osierdziową, plastykę subkomisuralną pierścienia aortalnego w celu zwiększenia obszaru koaptacji płatków [20].

5.2. Koncepcja funkcjonalnego pierścienia aortalnego.

W ciągu ostatnich kilkunastu lat nastąpił znaczny postęp w rozumieniu fizjologii i patofizjologii ujścia aortalnego jako złożonej struktury – tzw. kompleksu aortalnego. Koncepcję rozwinięto na podstawie podobnych analiz dotyczących zastawki mitralnej. Wykazano istotność prawidłowego współdziałania kilku struktur wchodzących w skład kompleksu aortalnego dla jego prawidłowego funkcjonowania. Badania potwierdziły, że zastawka aortalna to nie tylko jej płatki, nie tylko pierścień włóknisty, ale dla prawidłowego funkcjonowania zastawki konieczne są właściwe stosunki wymiarów i podatności całej opuszki aorty. Po wielu doświadczeniach wprowadzono pojęcie tzw. funkcjonalnego pierścienia aortalnego – Functional Aortic Annulus (FAA) [21].

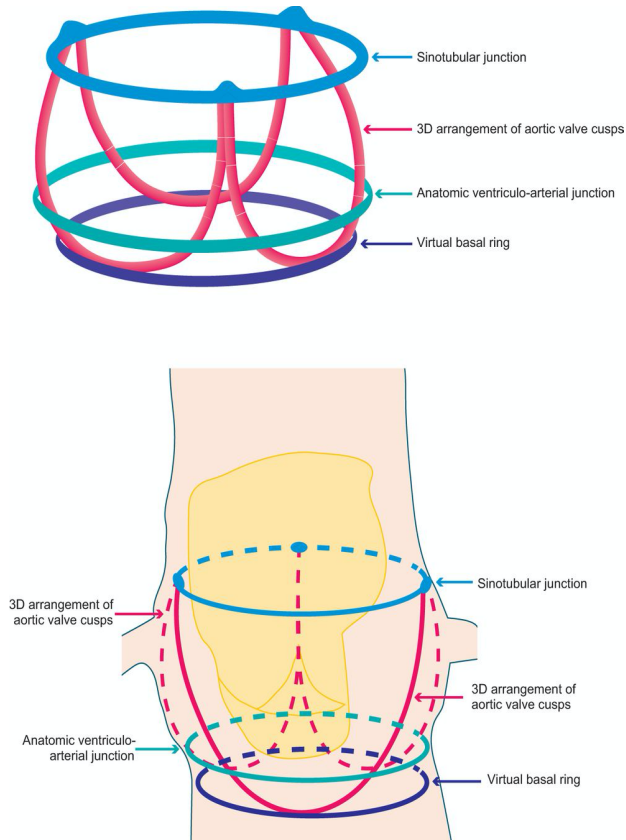
Funkcjonalny pierścień aortalny składa się z następujących elementów:

- I. Łącze aortalno-komorowe (Aorto-Ventricular Junction – AVJ) zwane wirtualnym pierścieniem podstawnym (Virtual Basal Ring).
- II. Łącze zatokowo-cylindryczne (Sino-Tubular Junction – STJ), które wyznacza granicę między opuszką aorty a cylindrycznym odcinkiem aorty wstępującej i jest miejscem anatomicznego przyczepu szczytów spoidel zastawki aortalnej.
- III. Anatomiczny przyczep płatków zastawki aortalnej
- IV. Zatoki Valsalvy

Połączenie aortalno-komorowe (AVJ) to linia, której przebieg wyznaczają najniżej położone punkty (nadiry) płatków aortalnych. Nie jest to struktura odrębna anatomicznie ani histologicznie. Gdyby na wysokości AVJ utworzyć płaszczyznę, to anatomicznie znajdowałaby się ona w dystalnej części drogi odpływu lewej komory (Left Ventricular Outflow Tract – LVOT), poniżej anatomicznego połączenia aorty z lewą komorą (ściany tętnicy z mięśniem serca). Schematyczny obraz przedstawia rycina 2.

Rycina 2

Anatomiczne i domyślne struktury FAA. Rysunek zamieszczony w pracy: Bleakley, C., Eskandari, M., & Monaghan, M. (2017). 3D transoesophageal echocardiography in the TAVI sizing arena: should we do it and how do we do it?, *Echo Research and Practice*, 4(1), R21-R32. [22]. – objaśnienia w tekście.



5.3. Klasyfikacja niedomykalności aortalnej zorientowana na typy leczenia operacyjnego

Najczęściej obecnie stosowana klasyfikacja niedomykalności zastawki aortalnej została wprowadzona przez zespół El Khoury'ego. Sama struktura klasyfikacji jest bardzo podobna do klasyfikacji Carpentier'a dotyczącej zastawki mitralnej, jednak jest nieco bardziej skomplikowana. Wynika to z faktu, że pierścień mitralny jest pojedynczą strukturą anatomiczną, natomiast w skład funkcjonalnego pierścienia aortalnego (FAA), jak wcześniej wspomniano, wchodzi kilka struktur. Patologia może obejmować zarówno więcej struktur jednocześnie, jak i każdą z nich oddzielnie.

Typ I w powyższej klasyfikacji to niedomykalność aortalna przy prawidłowej ruchomości płatków zastawki. Patologia dotyczy funkcjonalnego pierścienia aortalnego (typ Ia, Ib, Ic) lub perforacji płatka (typ Id). Rozdział typu I na podtypy a, b i c wynika bezpośrednio ze złożonej struktury FAA i trzech możliwych kombinacji umiejscowienia defektu. Typ Ia to dystalne poszerzenie aorty wstępującej obejmujące poszerzenia STJ. Jest to sytuacja najbardziej typowa dla postępującej degeneracji miażdżycowej aorty. Typ Ib to niedomykalność aortalna spowodowana poszerzeniem opuszki aorty (zatok Valsalvy) oraz STJ, zmiana typowa dla chorób degeneracyjnych ściany aorty o podłożu genetycznym, takich jak zespół Marfana. Typ Ic dotyczy poszerzenia AVJ. Typ ten najczęściej współistnieje z innymi, jeżeli występuje w sposób izolowany, to razem z innymi chorobami degeneracyjnymi jak wada mitralna czy choroba wieńcowa.

Typ II to analogicznie jak w klasyfikacji Carpentier'a, niedomykalność zastawki wynikająca z nadmiernej ruchomości płatków. Oznacza to wypadanie przynajmniej jednego z płatków zastawki aortalnej. Przyczyną takiego stanu może być nadmiar tkanki płatka z wydłużeniem jego brzegu wolnego albo oderwanie komisury aortalnej w przebiegu rozwarstwienia aorty. Wydłużenie wolnego brzegu płatka to często część postępującego procesu degeneracyjnego związanego ze starzeniem lub przewlekłym nadciśnieniem tętniczym.

Typ III spowodowany jest upośledzoną ruchomością płatków zastawki – najczęściej w przebiegu choroby reumatycznej lub procesu degeneracyjnego i kalcyfikacji w starszym wieku [23], [24].

Nieco inny rodzaj klasyfikacji został zaproponowany przez zespół E. Lansac'a. Jest to również klasyfikacja, która ma w założeniach prowadzić do standaryzacji postępowania chirurgicznego w zależności od typu niedomykalności. W zaproponowanym systemie głównym czynnikiem różnicującym typy jest kierunek strumienia fali niedomykalności. Typ I to niedomykalność centralna, Typ II ekscentryczna. Każdy z tych dwóch typów jest podzielony również na podtypy w zależności od zmian w obrębie zastawki.

Typ I obejmuje dwa podtypy. Typ I a związany jest z izolowanym poszerzeniem STJ oraz typ I b który obejmuje poszerzenie zarówno STJ jak i AVJ.











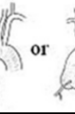


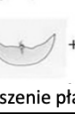

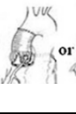







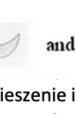

W typie II poszerzenie obu wymiarów jest stałe, podtypy są wyróżniane na podstawie współistniejącej patologii płatków zastawki jak wypadanie (typ II a),

retrakcja (typ II b) oraz rozdarcie lub perforacja (typ II c) [25]. Schematyczne podsumowanie klasyfikacji Lansac'a zostało przedstawione na rycinie 3.

Ograniczeniem tej pracy jest jednak to, że dane zostały zebrane retrospektywnie na podstawie dostępnych opisów badań echokardiograficznych i opisów operacji, a większość pacjentów miała wykonaną wymianę zastawki aortalnej, czyli brak jest danych na temat rzeczywistego wpływu przedstawionej klasyfikacji na wybór metody operacyjnej i jej wyniki.

Rycina 3

Klasyfikacja niedomykalności aortalnej wg Lansac'a. Rysunki zamieszczone w pracy: Lansac E, Di Cerna I, Raoux F, Al Attar N, Acar C, Joudinaud T, Raffoul R. A lesional classification to standardize surgical management of aortic insufficiency towards valve repair. Eur J Cardiothorac Surg. 2008 May;33(5):872-8; discussion 878-80. [25]

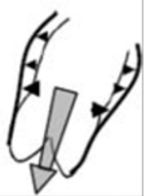





| | | | |
|---|--|---|--|
| Typ I Centralna fala niedomykalności | Typ Ia Izolowane poszerzenie STJ |  Tętniak nadwierzcowy |  Proteza nadwierzcowa |
| | Typ Ib Poszerzenie STJ i pierścienia basalnego |  Izolowana niedomykalność aortalna |  podwójna annuloplastyka nad- i <u>pod</u> aortalna |
| | |  Tętniak opuszki aorty |  Remodeling + <u>pod</u> zastawkowa plastyka pierścienia |
| | |  Tętniak nadwierzcowy |  Proteza nadwierzcowa + <u>pod</u> zastawkowa plastyka pierścienia |
| Typ II Ekscentryczna fala niedomykalności | Typ IIa Wypadanie płatka |  +  or  or  |  +  or  or  podwieszenie płatka |
| | Typ IIb Restrykcja płatka |  +  |  +  Rekonstrukcja płatka osierdziem własnym |
| | Typ IIc Rozdarcie lub perforacja płatka |  +  |  and/or  +  Podwieszenie i/lub rekonstrukcja płatka osierdziem własnym |

W obu zaproponowanych klasyfikacjach przedstawiono wybór technik operacyjnych w zależności od rozpoznanego mechanizmu niedomykalności zastawki

aortalnej. Klasyfikacja zespołu El Khoury'ego przyjmuje ponadto podział zalecanych technik na pierwotne i wtórne. Techniki pierwotne mają za zadanie wyeliminować podstawowe uszkodzenie prowadzące do niedomykalności zastawki, natomiast techniki dodatkowe (wtórne) mają prowadzić do uzyskania stabilizacji funkcjonalnego pierścienia aortalnego. Podsumowanie klasyfikacji El Khoury'ego wraz z zalecanymi technikami operacyjnymi zostało przedstawione na rycinie 4.

Rycina 4

Klasyfikacja niedomykalności aortalnej wg El Khoury'ego. Rysunek zamieszczony w pracy: Boodhwani M, De Kerchove L, Glineur D, Poncelet A, Rubay J, Astarci P, Verhelst R, Noirhomme P, El Khoury G. „Repair-oriented classification of aortic insufficiency: impact on surgical techniques and clinical outcomes.” J Thorac Cardiovasc Surg. 2009 Feb;137(2):286-94. [24]

| Niedomykalność aortalna | Typ I Normalny ruch płatków z poszerzeniem FAA lub perforacją płatka | | | | Typ II Wypadanie płatków | Typ III Restrykcja płatków |
|------------------------------|---|---|---|--|---|---|
| | 1a | 1b | 1c | 1d | | |
| Mechanizm |  |  |  |  |  |  |
| Techniki naprawy (pierwotne) | Remodeling STJ Proteza nadwiewcowa aorty wstępującej | Operacja oszczędzająca zastawkę aortalną Reimplantacja lub remodeling z annuloplastyką | SCA | Naprawa łatką Osierdzie własne lub wołowe | Korekta wypadania Plikacja, resekcja trójkątna, podwieszenie wolnego brzegu, łatka | Naprawa płatków Shaving, dekalcyfikacja, łatka |
| (wtórne) | SCA | | Plastyka STJ | SCA | SCA | SCA |

FAA – functional aortic annulus, SCA – subcommissural annuloplasty – plastyka podspoidłowa pierścienia aortalnego, STJ – sinotubular junction – łącze opuszkowo-cylindryczne

5.4. Współczesne metody operacji

Nadal podstawową metodą operacji w przypadku niedomykalności aortalnej pozostaje wymiana zastawki aortalnej (AVR) na zastawkę mechaniczną lub biologiczną. Jednak obecnie stosowane metody naprawcze zyskują na popularności między innymi dzięki coraz bardziej zaawansowanej standaryzacji.

Celem plastyki zastawki aortalnej jest uzyskanie prawidłowej powierzchni koaptacji w zastawce poprzez przywrócenie normalnej geometrii FAA i płatków zastawki przy zachowaniu prawidłowej ruchomości tych ostatnich [21]. Powyżej omówiono modele klasyfikacji niedomykalności aortalnej. Najczęściej w praktyce stosowana jest klasyfikacja El Khoury'ego. Wynikają z niej bezpośrednio dwa istotne wnioski. Kilka uszkodzeń może współistnieć jako czynnik przyczynowy niedomykalności zastawki aortalnej, np. poszerzenie aorty wstępującej lub opuszki aorty może występować jednocześnie ze zmianą geometrii płatków aortalnych i ich wypadaniem. To sprawia, że jedynie korekcja wszystkich defektów jednocześnie może prowadzić do skutecznej naprawy. Ponadto przewlekła, istotna niedomykalność zastawki, analogicznie do niedomykalności zastawki mitralnej, może prowadzić do poszerzenia pierścienia zastawki. Dlatego każda korekcja w obrębie płatków zastawki aortalnej w przypadku przewlekłej niedomykalności, powinna być podparta plastyką funkcjonalnego pierścienia aortalnego [21].

Gdy niedomykalność aortalna występuje jako wada izolowana i nie jest związana z poszerzeniem aorty, każdy zabieg plastyki zastawki aortalnej powinien obejmować anuloplastykę w obrębie AVJ. Na przestrzeni lat rozwinęły się trzy główne sposoby. Pierwsza, najstarsza metoda została opisana przez Cabrol'a i wsp. w 1966 roku i jest to anuloplastyka subkomisuralna polegająca na zwężeniu trójkątów podkomisuralnych pojedynczymi szwami na podkładkach [17]. Dwie pozostałe metody są zdecydowanie młodsze. Anuloplastyka szwem PTFE została zaproponowana przez zespół Schäfers'a [26]. Plastyka pierścienia aortalnego z użyciem implantowalnego zewnętrznego sztucznego pierścienia została opracowana przez grupę Lansac'a [27].

Plastyka zastawki aortalnej łączy się z zastosowaniem technik operacyjnych w obrębie płatków zastawki, dopasowanych odpowiednio do występujących zmian.

Wypadanie płatka jest korygowane za pomocą dwóch podstawowych technik: plikacji i podwieszenia wolnego brzegu. Plikacja wolnego brzegu pierwotnie

była wykonywana w rejonie okołokomisuralnym jak przedstawiono na rycinie 1 [18]. Obecnie wiemy, że jest to okolica poddawana największym naprężeniom podczas pracy zastawki, natomiast obszar centralny przyjmuje najmniejsze obciążenie [28]. Z tego powodu preferowaną aktualnie metodą plastyki wypadania płątka jest centralna plikacja wolnego brzegu. Ponadto jest to technika prosta, szybka w wykonaniu, a także łatwa do oceny koniecznego zakresu plikacji wypadającej tkanki płątka [29]. Podwieszenie wolnego brzegu polega na wzmocnieniu i skróceniu wolnego brzegu płątka przy pomocy ciągłego szwu ePTFE CV-7 [30].

W przypadku niedomykalności zastawki na tle restrykcji płatków (upośledzonej ruchomości) i ich perforacji mamy do czynienia ze zbyt małą ilością tkanki płątka [31]. W trakcie naprawy takiej zastawki konieczne jest zastosowanie dodatkowego materiału w celu uzupełnienia brakującej tkanki – najczęściej jest to osierdzie własne pacjenta lub wołowe prefabrykowane [32].

Powyżej wspomniano o konieczności podparcia każdej plastyki aortalnej stabilizacją FAA i przedstawiono metody dotyczące stabilizacji AVJ, jednak jak wcześniej wspomniano funkcjonalny pierścień aortalny to także znajdujące się na granicy opuszki i aorty wstępującej STJ. Poszerzenie STJ wymagające interwencji związane jest z występowaniem tętniaka opuszki aorty, aorty wstępującej lub obu odcinków. Stabilizacja FAA łączy się wtedy z wymianą poszerzonego odcinka aorty. W przypadku konieczności wymiany opuszki aorty z plastyką zastawki aortalnej wchodzimy w zakres tak zwanych operacji oszczędzających zastawkę aortalną – VSARR (Valve Sparing Aortic Root Replacement).

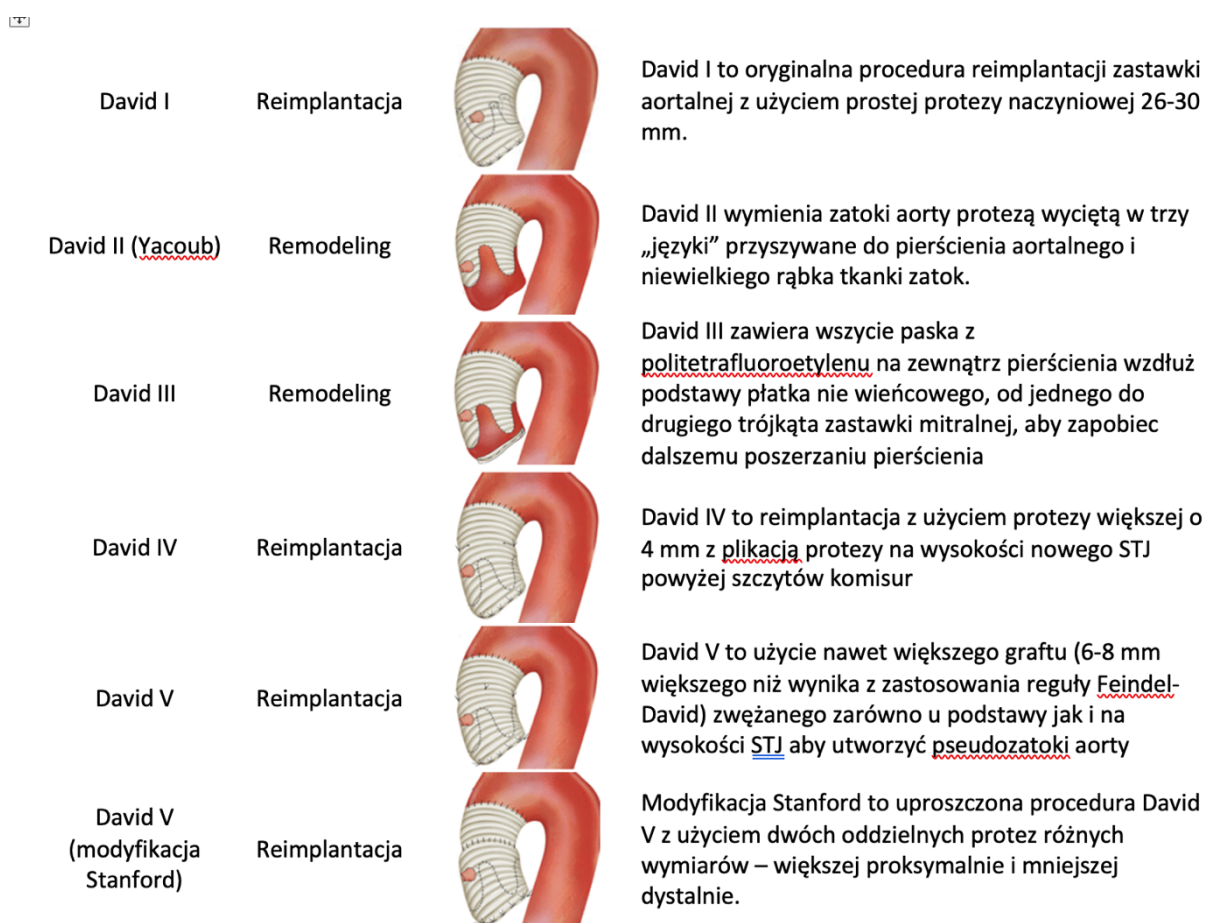
5.5. Operacje oszczędzające zastawkę aortalną

Operacje oszczędzające zastawkę aortalną to polskie określenie grupy metod operacyjnych, które lepiej nazywa określenie anglojęzyczne – valve sparing aortic root replacement (VSARR) – wymiana opuszki aorty z zachowaniem zastawki. Dwie główne koncepcje zostały opisane na początku lat 90-tych ubiegłego wieku – w 1992 roku David i Feindel opisali metodę reimplantacji zastawki aortalnej [6], a tylko rok później Sarsam i Yacoub metodę remodelingu opuszki aorty [7]. Podstawowym założeniem obu metod jest całkowite usunięcie poszerzonej opuszki aorty z przywróceniem normalnej funkcji zastawki aortalnej [33]. Łączy się to z wycięciem wszystkich zatok aorty i z przeszczepieniem naczyń wieńcowych do wszczepionej

protezy naczyniowej na „guzikach” ze ściany starej aorty („button technique”).

Rycina 5

Pierwsze modyfikacje operacji oszczędzających zastawkę aortalną. Rysunki zamieszczone w pracy: Harky, A., Antoniou, A., Howard, C., Rimmer, L., Ahmad, M., Bashir, M. Valve sparing aortic root surgery: from revolution to evolution? J Vis Surg 2019;5:14 [33].



STJ – sinotubular junction – łączy zatokowo-cylindryczne

Remodeling opuszki aorty to w ogólnym założeniu wymiana całej opuszki aorty na protezę naczyniową wyciętą w trzy (dla zastawki tróplatkowej) lub dwie (dla zastawki dwupłatkowej) zatoki wieńcowe. Proteza zostaje doszyta do pierścienia włóknistego zastawki wyznaczonego przez przyczep płatków zastawki i niewielkiego rąbka tkanki zatoki pozostawionego przypierścieniowo. Efektem ma być odtworzenie naturalnej konfiguracji zatok Valsalwy łączących się dystalnie z częścią tubularną aorty.

Pierwotna wersja techniki opisanej przez autora, nie zakłada żadnej ingerencji w AVJ, czyli nie obejmuje tak zwanej stabilizacji pierścienia aortalnego [7].

Reimplantacja zastawki aortalnej to zabieg polegający na wszczępieniu całej natywnej zastawki aortalnej w prostą protezę naczyniową ze stabilizacją AVJ poprzez wszycie całej zastawki do protezy. Dodatkowo wewnątrz protezy wytwarza się neo-STJ po podwieszeniu komisur natywnej zastawki [6].

Od początku te dwie podstawowe techniki przedstawione we wczesnych latach 90-tych podlegały różnym modyfikacjom, które miały na celu jak najbliższe odtworzenie funkcji i anatomii opuszki aorty wraz z zastawką. Modyfikacje zbiorczo zgromadzono na rycinie 5.

Każda z dwóch koncepcji posiada teoretyczne zalety i wady, jeżeli chodzi o zachowanie fizjologii opuszki aorty i ruchomości płatków zastawki aortalnej. Mogą one mieć wpływ na trwałość uzyskanego efektu operacji. Dostępne są badania, których wyniki wskazują na bardziej naturalne zachowanie płatków zastawki aortalnej w przypadku odtworzenia kształtu zatok aorty, na które pozwala metoda remodelingu opuszki. Leyh i wsp. porównali parametry charakteryzujące otwarcie i zamknięcie płatków aortalnych w trzech grupach. Badanie dotyczyło chorych poddanych operacji Yacoub'a (remodeling) i operacji David'a (reimplantacja) w porównaniu z osobami zdrowymi (bez operacji). Analiza wykazała, że zachowanie kształtu i niezależnej mobilności wytworzonych zatok Valsalvy daje parametry najbardziej zbliżone do występujących w warunkach fizjologicznych [34].

Oryginalna technika remodelingu, bez modyfikacji, nie zawiera w sobie elementu stabilizującego lub redukującego wymiar pierścienia aortalnego. Jest to uważane za główną przyczynę obserwowanej tendencji do częstszego nawrotu niedomykalności aortalnej w odległej obserwacji u chorych operowanych metodą Yacoub'a [33], [35]. Obserwacje te doprowadziły do modyfikacji metody, polegającej na wprowadzeniu dodatkowo anuloplastyki aortalnej. Obecnie w bardziej powszechnym użyciu są dwie metody. Pierwsza z metod, to metoda wprowadzona przez zespół Schäfers'a polegająca na przeprowadzeniu szwu z PTFE na poziomie AVJ i zawiązaniu go na Hegarze 25 mm. Wymiar Hegara podyktowany jest ustaleniem, że normą wielkości pierścienia aortalnego jest właśnie 25 mm, a wszystkie wartości powyżej to poszerzenie [26]. Druga metoda to zewnętrzna anuloplastyka aortalna przy użyciu pierścienia dacronowego wykonanego z fragmentu protezy naczyniowej

lub obecnie także dedykowanego sztucznego elastycznego pierścienia aortalnego [36].

Operacja David'a, czyli reimplantacja zastawki aortalnej, w założeniach stabilizuje rozmiar wszystkich części składowych funkcjonalnego pierścienia aortalnego. W wyniku zastosowanej metody eliminowane są jednak typowe zatoki aorty, ponieważ w pierwotnej wersji zastawkę reimplantuje się do prostej protezy naczyniowej. Dostępne są badania in vitro jak i in vivo pokazujące, że parametry pracy płatków zastawki aortalnej istotnie różnią się na niekorzyść dla operacji Davida od normalnych. Czasy otwarcia i zamknięcia płatków są porównywalne z naturalnymi w grupie chorych operowanych metodą Yacoub'a [34], [37]. Ponadto w obserwacji in vivo zauważono, że u pacjentów po operacji Davida dochodzi do fizycznego kontaktu płatków zastawki aortalnej z protezą. Odpowiedzialne za to są najprawdopodobniej dwa czynniki - brak naturalnych wirów z powodu nieobecności zatok aorty i brak miejsca w samej protezie dla pełnej swobody ruchu płatków [34]. Zaobserwowane zmiany w fizjologii ruchu płatków aortalnych wg badaczy mogą mieć wpływ na tempo degeneracji płatków zastawki w związku ze zmianą sił na nie działających w trakcie każdego cyklu serca. Konieczne są jednak dalsze badania, czy rzeczywiście fakt ten posiada istotność kliniczną.

Wraz z coraz szerszym zastosowaniem opisanych metod i wzrostem ich popularności w wyspecjalizowanych ośrodkach kardiochirurgicznych, rośnie zainteresowanie tematem VSARR i powstają kolejne modyfikacje. Autorzy tych prac uzasadniają wprowadzane przez siebie metody jako uzupełniające, dotyczące kolejnych aspektów fizjologii funkcjonalnego pierścienia aortalnego, lub po prostu łatwiejsze technicznie, co mogłoby prowadzić do większego rozpowszechnienia metod oszczędzających własną zastawkę w kardiochirurgii i przynieść wymierne korzyści dla pacjentów.

W 2005 roku Paul Urbański opisał metodę wymiany opuszki aorty z oszczędzeniem zastawki, którą nazwał „patch technique”. Technika ta jest zaliczana do modyfikacji metody remodelingu. Polega na wymianie poszerzonych zatok Valsalvy osobnymi łętami z protezy naczyniowej, które potem są łączone z cylindryczną protezą aorty wstępującej średnicy pierścienia aortalnego lub o 1 mm mniejszą. Łączenie pojedynczych łęt z protezą tworzy nowe STJ (neo-STJ). Autor metody sugeruje, że w klasycznym remodelingu opuszki, wykonywanym z pojedynczej protezy uformowanej w trzy zatoki Valsalvy brak jest redukcji średnicy w neo-STJ. W zaproponowanej

modyfikacji taka redukcja występuje, a według autora jest to element, który może zmniejszyć ilość nawrotów niedomykalności aortalnej po operacji. Ponadto technika umożliwia wykonanie rekonstrukcji opuszki aorty dopasowanej do konkretnego pacjenta, bez względu na asymetrię zatok, a także pozwala wymienić tylko wybrane zatoki, najczęściej możliwość ta wykorzystywana była w przypadkach ostrych rozwarstwień aorty [38]. Kolejnym atutem metody postulowanym przez autora jest możliwość jej zastosowania u pacjentów z poszerzeniem wszystkich części składowych FAA a mimo wszystko w pełni kompetentną zastawką aortalną. Taka sytuacja może mieć miejsce np. u chorych z zespołem Marfana. Taka zindywidualizowana technika pozwala na wycięcie całej opuszki aorty zagrożonej pęknięciem lub rozwarstwieniem a jednocześnie zachowanie wzajemnych stosunków anatomicznych kompleksu aortalnego, co może mieć wpływ na trwałość operacji. [39] Kolejną metodę można zaliczyć do modyfikacji reimplantacji zastawki aortalnej. W pracy opublikowanej w 2005 roku Hess i wsp. z Uniwersytetu Florydy opisują metodę nazwaną od miejsca, w którym została opracowana „Florida Sleeve”. Operacja polega na okryciu całej opuszki aorty Dacronowym „rękawem” wykonanym z protezy naczyniowej. Autorzy początkowo używali protezy prostej (u 10 chorych) a następnie nowej protezy Valsalva Graft z zaznaczonymi zatokami aorty (u 3 chorych). Wyniki dotyczące niedomykalności aortalnej po zabiegu były bardzo dobre. Zaletą opisanej techniki ma być większa prostota, która mogłaby doprowadzić do większego rozpowszechnienia metody [40]. Autorzy opisują swoje wyniki wczesne, z kompletnym badaniem echokardiograficznym po $32 \pm 6,3$ miesiącach od operacji. Do operacji kwalifikowani byli pacjenci z niedomykalnością aortalną tylko Typu I, z prawidłowymi płatkami zastawki, bez cech wypadania, fenestracji i innych uszkodzeń. Według autorów uzyskano trwały efekt operacji, występuje niewielki wzrost stopnia niedomykalności zastawki aortalnej do dalszej obserwacji, jednak nie zauważono negatywnego wpływu na wymiary lewej komory [41].

W chwili obecnej głównym przedmiotem zainteresowań kardiochirurgów specjalizujących się w operacjach zastawki aortalnej jest wypracowanie metody powtarzalnej, ustandaryzowanej, pozwalającej na dokonanie pomiarów śródoperacyjnych dających wysokie prawdopodobieństwo powodzenia naprawy.

Klasyczny zabieg reimplantacji zastawki aortalnej uznawany jest za skomplikowany i wymagający od wykonującego go chirurga dużego doświadczenia operacyjnego, nabytego w trakcie czasochłonnych szkoleń. Metoda nie jest

wystandaryzowana i jest to widoczne w kilku kluczowych momentach zabiegu. Brak jest jednolitego sposobu doboru samej protezy naczyniowej – prosta czy Valsalva Graft – jak i jej rozmiaru. Od doświadczenia i preferencji operatora zależy wybór jednej z kilku metod. Najbardziej subiektywna z nich to pomiar pierścienia aortalnego (w zasadzie AVJ) Hegarem, dodając 4-5 mm uzyskujemy rozmiar protezy. Doświadczenie chirurga operującego ma bardzo duży wpływ na dobór rozmiaru, od prawidłowego pomiaru średnicy pierścienia, do decyzji dotyczącej „nadmiaru” protezy. Druga z częściej stosowanych metod to pomiar wysokości komisury lewnowieńcowej (LCC-NCC) od jej szczytu do linii przeprowadzonej pomiędzy najniższymi punktami sąsiadujących płatków. Jest to metoda wynikająca z obserwacji anatomicznych i echokardiograficznych opuszki aorty a także z doświadczeń z zastosowaniem protez Valsalva graft – średnica protezy jest równa wysokości jej części opuszkowej. Kolejna metoda to wzór David’a-Feindel’a. Dwukrotna wysokość geometryczna płatka pomnożona przez $\frac{2}{3}$ dodać podwójną grubość ściany aorty [42]. Najważniejszy moment procedury – ocena koaptacji płatków zastawki aortalnej – to zasadniczy dla powodzenia zabiegu proces, który jest całkowicie uzależniony od subiektywnej oceny operatora i jego doświadczenia. Klasycznie, koaptacja, a co za tym idzie przewidywana kompetencja zastawki jest oceniana na podstawie wyglądu i ułożenia płatków zastawki w pozycji zamkniętej, czasem z wykorzystaniem próby wodnej, bez pomiaru wysokości efektywnej.

Grupa Schäfers’a publikuje liczne prace na temat konieczności wprowadzenia standardów, aby uczynić VSARR procedurami powtarzalnymi. Obejmują one zarówno badania laboratoryjne jak i śródoperacyjne. Doprowadziły one do wprowadzenia do szerszego użytku pojęcia wysokości efektywnej płatków aortalnych, która ma bezpośredni wpływ na wysokość koaptacji, a co za tym idzie trwałość naprawy, a także do powstania specjalnego urządzenia pomiarowego do ustalania tego parametru śródoperacyjnie. Ponadto uzasadniły istotność annuloplastyki aortalnej w celu poprawy wyniku [43]–[45].

V. CEL PRACY

Celem pracy jest ocena wczesnych wyników remodelingu opuszki aorty z zewnętrzną annuloplastyką aortalną (modyfikowana operacja Yacoub'a) jako metody nowo wprowadzanej w porównaniu do metody reimplantacji (operacja David'a) stosowanej tradycyjnie. Główne pytanie, na które postanowiono uzyskać odpowiedź, brzmi: czy zastosowanie wypracowanych przez innych badaczy metod standaryzujących procedurę, po krótkim szkoleniu, pozwala na uzyskanie wyników wczesnych porównywalnych ze stosowaną do tej pory metodą reimplantacji wymagającą wieloletniego doświadczenia.

Dane dostępne w literaturze, donoszą o wykorzystaniu mniejszej protezy naczyniowej we wprowadzanej metodzie w porównaniu do metody stosowanej do tej pory. Podjęto próbę oceny wpływu tego faktu na stopień poprawy funkcji zastawki aortalnej po operacji. Mniejszy wymiar protezy może przyczynić się do poprawy koaptacji płatków zastawki aortalnej. Celem była ocena wpływu użycia mniejszej protezy opuszki aorty na zmniejszenie niedomykalności zastawki po zabiegu.

Jednocześnie użycie mniejszej protezy naczyniowej wymusza wykorzystanie mniejszego zewnętrznego pierścienia stabilizującego łącze aortalno-komorowe. Praca ma odpowiedzieć na pytanie o ryzyko spowodowana pooperacyjnej stenozą aortalnej w grupie badanej.

1. Uzasadnienie badań

Badania podjęto, aby wykazać, że przy zastosowaniu pełnej standaryzacji nowszej metody, możliwe jest wprowadzenie jej do użycia także przez rozpoczynającego wykonywanie zabiegów VSARR chirurga, z efektem śródoperacyjnym i wczesnym pooperacyjnym porównywalnym do zabiegów wykonywanych metodą dotychczas najbardziej powszechną, przez doświadczonych w tego typu procedurach operatorów.

Zabiegi wymiany opuszki aorty z zachowaniem własnej zastawki są procedurami skomplikowanymi i pracochłonnymi. Do tej pory, aby uzyskiwać dobre i powtarzalne wyniki, konieczne było długie szkolenie pod okiem doświadczonego kardiochirurga, najczęściej w nielicznych ośrodkach zagranicznych. Ocena

przewidywanego efektu zabiegu w trakcie jego wykonywania i decyzja o pozostawieniu zastawki aortalnej do śródoperacyjnej oceny echokardiograficznej po zakończeniu krążenia pozaustrojowego była uzależniona od chirurgicznego „wyczucia” i doświadczenia operatora. Była dokonywana jedynie na podstawie ogólnego wyglądu zastawki, z możliwością zastosowania pośrednich i niepewnych testów jak próba wodna czy ocena koaptacji płatków po ich zassaniu wentem lewokomorowym. Taki system szkolenia musiał brać pod uwagę długą krzywą uczenia.

Metoda operacji zastosowana u pacjentów grupy badanej to efekt doświadczeń dwóch zespołów kardiochirurgicznych, pod kierownictwem Emanuela Lansac’a oraz Hansa J. Schäfers’a. Wspólne założenie obu zespołów sprowadzało się do stwierdzenia, że tylko metoda, która jest w pełni wystandaryzowana, pozwalająca na ocenę efektu z zastosowaniem obiektywnie mierzalnych wartości może dawać wysoki odsetek powtarzalności wyniku. Wprowadzono do użycia ocenę wysokości efektywnej płatka zastawki aortalnej i zaprojektowano przyrząd służący do jej pomiaru (zespół Schäfers’a). Klarowność koncepcji i zastosowanie narzędzia pomiarowego dla oceny efektu umożliwia wykonanie tej operacji przez chirurga doświadczonego w chirurgii aorty łącznie z procedurą Bentalla, lecz niewykonywającego do tej pory operacji wymiany opuszki aorty z oszczędzeniem własnej zastawki. Badanie miało na celu wykazanie, czy przy zachowaniu wszystkich ustalonych standardów, bezpośredni wynik śródoperacyjny jak i wczesny pooperacyjny będzie podobny, jak efekt operacji wykonywanych metodą Davida. Miało także ocenić wpływ standaryzacji na przebieg krzywej uczenia.

VI. MATERIAŁ I METODY

1. Materiał - opis grup pacjentów objętych badaniem

Badanie obejmuje 78 pacjentów operowanych w Klinice Kardiochirurgii i Transplantologii Instytutu Kardiologii w Warszawie w latach 2012 – 2018 oraz Klinice Kardiochirurgii USK w Białymstoku w latach 2019 – 2020. Dane zebrano i analizowano retrospektywnie. Pacjentów podzielono na dwie grupy. Kryterium różnicującym była zastosowana technika operacyjna – modyfikowana metoda Yacoub’a w grupie badanej i metoda David’a w grupie kontrolnej.

Grupa badana obejmuje pacjentów operowanych w okresie od 27.09.2016 do 14.01.2020 – 37 chorych, u których wykonano remodeling opuszki aorty ze stabilizacją pierścienia aortalnego i plastyką zastawki aortalnej. W grupie było 8 kobiet i 29 mężczyzn w wieku od 25 do 74 lat, średnio 50,62 lat. Grupa kontrolna to 41 pacjentów operowanych w okresie od 02.07.2012 do 04.12.2019. U pacjentów z grupy kontrolnej wykonano operację David'a – reimplantacja zastawki aortalnej. Grupa zawierała 9 kobiet i 32 mężczyzn w wieku od 16 do 72 lat, średnio 45,20 lat.

Wybór metody operacyjnej zleżał głównie od czasu przeprowadzenia operacji. W latach wcześniejszych pacjenci byli operowani z użyciem techniki reimplantacji zastawki aortalnej, ponieważ była to metoda stabilizująca jednocześnie pierścień aortalny – zapobiegała poszerzaniu się AVJ po zabiegu. W ówczesnym czasie remodeling opuszki był techniką stosowaną bez dodatkowej anuloplastyki i w zasadzie nie wykonywano go, właśnie z powodu potencjalnego poszerzenia AVJ w odległej obserwacji i nawrotu niedomykalności zastawki aortalnej. Grupa badana to chorzy operowani metodą nowszą i wprowadzaną do szerszego użycia w ciągu ostatnich czterech lat - remodelingu opuszki aorty z dodatkową zewnętrzną anuloplastyką aortalną. Pacjentów z grupy badanej porównano z chorymi operowanymi metodą klasyczną w ciągu pięciu lat poprzedzających i równolegle. W okresie stosowania obu metod równolegle nie przeprowadzano randomizacji, wybór metody był uzależniony od preferencji operatora.

Obie techniki operacyjne zalecane są w przypadku tych samych wskazań i należą do grupy metod operacji wymiany opuszki aorty z zachowaniem własnej zastawki aortalnej.

Rozpoznanie tętniaka opuszki aorty, aorty wstępującej i ewentualnej towarzyszącej niedomykalność aortalnej stawiano na podstawie przezklatkowego badania echokardiograficznego. W niektórych przypadkach rozpoznanie tętniaka zostało postawione po badaniu angio-TK aorty piersiowej.

2. Metody

2.1. Metody znieczulenia do operacji

Wszyscy pacjenci podczas operacji zostali poddani znieczuleniu ogólnemu dotchawiczemu złożonemu. Pacjenci mieli zakładane dostęp żylny obwodowy, dostęp

żylny centralny, wklucie do tętnicy (standardowo tętnica promieniowa lewa). Monitorowano ciśnienie tętnicze – pomiar krwawy, EKG i pulsoksymetrię, diurezę – zakładano cewnik do pęcherza moczowego oraz pomiar temperatury. Zabiegi przeprowadzano w krążeniu pozaustrojowym, w normotermii lub łagodnej hipotermii 32°C. w przypadku operacji planowych, w przypadku operacji pilnych – ostre rozwarstwienie aorty – stosowano hipotermię umiarkowaną 25°C.

2.2. Metody operacji

Wszyscy pacjenci zostali zakwalifikowani do operacji wymiany opuszki aorty z zachowaniem własnej zastawki aortalnej.

Pacjenci grupy badanej operowani byli metodą remodelingu opuszki aorty z zewnętrzną anuloplastyką pierścienia aortalnego. Gdy zachodziła konieczność wykonywano również plastykę zastawki aortalnej – plikację centralną wolnego brzegu płatków.

Dostęp uzyskiwany był w sposób standardowy przez sternotomię pośrodkową. Po podaniu heparyny w sposób typowy kaniulowano naczynia do krążenia pozaustrojowego – kaniula tętnicza wprowadzana była do aorty wstępującej na granicy z łukiem aorty jak najbliższej odejścia pnia ramiennie-głowego, kaniula żylna dwustopniowa zapewniała spływ żylny z prawego przedsionka. U pacjentów z ostrym rozwarstwieniem aorty stosowano kaniulację tętniczą obwodową wg preferencji operatora. Wprowadzano went do lewej komory przez prawą górną żyłę płucną. Po rozpoczęciu krążenia pozaustrojowego i zaprzestaniu wentylacji mechanicznej klemowano aortę. W zależności od stopnia niedomykalności zastawki aortalnej podawano zimną krwistą kardioplegię do aorty wstępującej lub po otwarciu aorty bezpośrednio do ujść naczyń wieńcowych – dawki przypominające co 20 minut w czasie zaklemowania aorty. Technika operacyjna obejmowała wycięcie tętniakowato zmienionej opuszki aorty i odcinka aorty wstępującej z pozostawieniem rąbka 2 mm ściany aorty przy pierścieniu zastawki aortalnej. Ujścia naczyń wieńcowych wypreparowywane były w sposób typowy z pozostawieniem tzw. „guzików” ze ściany aorty średnicy około 1 cm („button technique”). Po wypreparowaniu zastawki wykonywano pomiar pierścienia aortalnego w celu doboru rozmiaru używanej protezy, zgodnie z algorytmem zaproponowanym w literaturze – tabela 1 [36].

Tabela 1

Rozmiar należytnej protezy w zależności od śródoperacyjnego wymiaru pierścienia aortalnego – algorytm zaproponowany przez zespół Lansac'a [36].

| | Rozmiar pierścienia aortalnego - pomiar śródoperacyjny (mm) | | | | |
|-------------------------|---|-------|-------|-------|-----|
| | 25-27 | 28-30 | 31-33 | 34-39 | >40 |
| Proteza naczyniowa (mm) | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 |

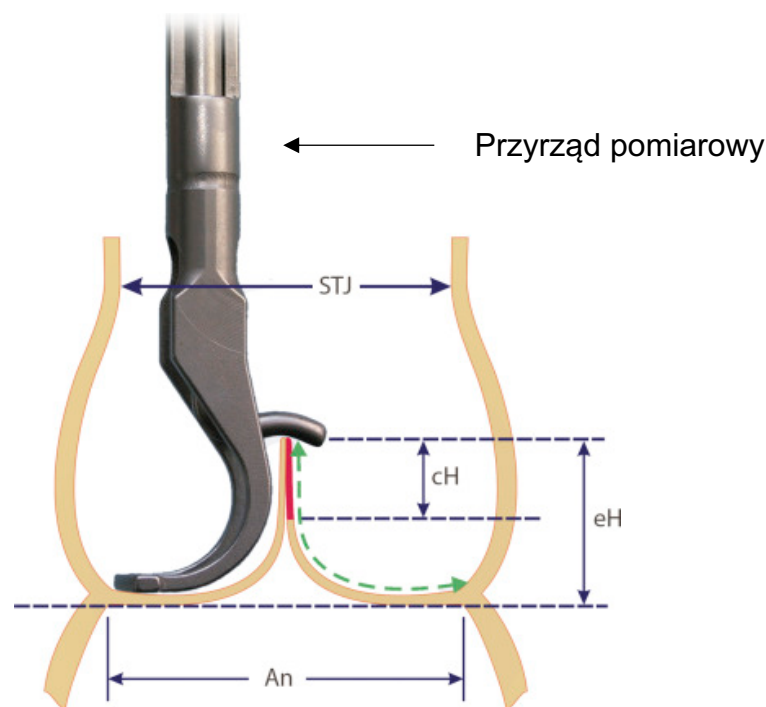
Następnie na poziomie tzw. wirtualnego pierścienia aortalnego wyznaczonego przez najniższe punkty płatków półksiężycowatych zastawki aortalnej (nadirów płatków aortalnych) zakładano 6 szwów pojedynczych z podkładcami – po jednym w nadirze każdego płatka i po jednym poniżej każdej komisury. W następnej kolejności dokonywano pierwszej oceny zastawki aortalnej pod kątem wielkości płatków aortalnych i możliwości technicznych wykonania plastyki zastawki aortalnej. Porównywano długości wolnych brzegów sąsiadujących płatków i ustalano wysokość płatka zgodnie z koncepcją „effective height” (eH) [46]. Ocena eH jest jednym z podstawowych elementów standaryzacji opisywanej procedury. Używano do tego zaprojektowanego przez H.J. Schäfers'a [45] przyrządu pomiarowego dostępnego obecnie komercyjnie (MSS-1, Fehling Instruments, Karlstein, Niemcy) – rycina 6.

Narzędzie pomiarowe ustawiano na wartość 9 mm, gdyż taka jest ustalona minimalna wysokość efektywna płatków, aby uzyskać właściwą koaptację. Jeżeli któryś z płatków nie posiadał wymaganego wymiaru zwiększano eH wykonując plikację jego wolnego brzegu pojedynczymi szwami Prolene 5-0. Następnie wybraną uprzednio protezę naczyniową nacinano i modelowano tworząc trzy zatoki aorty (w przypadku operacji zastawki aortalnej dwupłatkowej wycinano dwie symetryczne zatoki i ustawiano konfigurację zastawki na równy podział pomiędzy płatkami - 180 stopni). Zatoki wytworzone na protezie wszywano w miejsce wyciętych prawdziwych zatok Valsalvy szwem ciągłym Prolene 4-0 lub 5-0 szyjąc przez włóknisty przyczep płatków natywnej zastawki aortalnej. W następnej kolejności od protezy odcinano ok 5 mm fragment tworzący zamknięty pierścień. Tak utworzony pierścień naszywano od zewnątrz na pierścień aortalny za pomocą założonych na początku zabiegu sześciu szwów. W tabeli zaproponowanej przez E. Lansac'a i wsp. [36] pierścień używany do annuloplastyki zewnętrznej ma 1 mm mniejszy rozmiar niż wszczepiana proteza.

Jest to jednak pierścień elastyczny, pracujący w skurczu mięśnia sercowego. Używany w grupie badanej pierścień wykonany jest z 5 mm fragmentu protezy naczyniowej, sztywny, bez możliwości „pracy” w cyklu serca, dlatego nie stosowano redukcji rozmiaru w stosunku do protezy aorty. Po stabilizacji pierścienia aortalnego dokonywano ostatecznej oceny zastawki aortalnej z pomiarem eH i wykonywano ewentualną korekcję.

Rycina 6

Pomiar eH z zastosowaniem dedykowanego narzędzia. Rysunek zamieszczony w pracy J. Vojáček, P. Žáček, and J. Dominik, “Aortic valve repair and valve sparing procedures,” *Cor et Vasa*, vol. 59, no. 1. Elsevier Science B.V., pp. e77–e84, Feb. 01, 2017 [47].



STJ – łącze opuszkowo-cylindryczne, cH - wysokość koaptacji, eH – wysokość efektywna, An- pierścień (łącze komorowo-aortalne)

W kolejnym etapie zabiegu do protezy aorty w sposób typowy wszczepiano ujścia naczyń wieńcowych do odpowiednich zatok neo-opuszki. Następnie wykonywano zespolenie dystalne protezy i aorty wstępującej, odpowietrzano serce i zdejmowano klem aortalny. Rozpoczynano reperfuzję. Po reperfuzji stopniowo odłączano pacjenta od krążenia pozaustrojowego, wykonywano standardową ocenę

kontrolną echokardiograficzną wykonanej plastyki aortalnej. Po uzyskaniu dobrego efektu operacji usuwano kaniulę tętniczą, żylną i went, podawano protaminę i wykonywano hemostazę. Operacja kończyła się warstwowym zamknięciem powłok z pozostawieniem drenów i elektrod nasierdziowych.

Pacjenci grupy kontrolnej byli operowani metodą reimplantacji zastawki aortalnej. Również w przypadku konieczności, wykonywano plastykę płatków zastawki: plikację wolnego brzegu lub podwieszenie wolnego brzegu szwem ciągłym. Różnica w technice operacyjnej dotyczyła części centralnej zabiegu. Po zakleszczeniu aorty i podaniu kardioplegii wycinano poszerzoną opuszkę aorty wypreparowując ujścia wieńcowe – pozostawiano rąbek tkanki aorty przypierścieniowo większy niż w przypadku remodelingu – ok. 5 mm. Po dokładnej ocenie zastawki aortalnej dokonywano wyboru rozmiaru użytej protezy. Następnie na poziomie wirtualnego pierścienia aortalnego pokrywającego się z AVJ zakładano 12 szwów z podkładkami od strony lewej komory serca, przez pierścień, na zewnątrz. Szwami tymi mocowano prostą protezę naczyniową umieszczając całą zastawkę aortalną wewnątrz protezy. Komisury zastawki podwieszano pojedynczymi szwami do protezy naczyniowej a następnie szwem ciągłym przyszywano wewnątrz graftu rąbek tkanki aortalnej pozostawiony podczas preparacji zastawki. Jest to zasadniczy element procedury reimplantacji zastawki aortalnej. Następnie dokonywano oceny samej zastawki aortalnej. Jeżeli obserwowano wypadanie płatków zastawki, wykonywano plikację centralną wolnego brzegu wypadającego płatka. W następnym etapie implantowano typowo ujścia wieńcowe do protezy, a następnie wykonywano zespolenie dystalne protezy z obwodowym odcinkiem aorty wstępującej. Po odpowietrzeniu serca zdejmowano klem aortalny, rozpoczynano reperfuzję. Na tym etapie kończyły się różnice w procedurze w grupie kontrolnej.

2.3. Śródoperacyjna ocena morfologii zastawki aortalnej.

W trakcie operacji w obu grupach dokładnej ocenie wizualnej poddawano samą zastawkę aortalną. Przed podjęciem ostatecznej decyzji o wykonaniu operacji naprawczej z pozostawieniem własnej zastawki, oceniano wstępnie możliwość jej wykonania. Pierwszym parametrem podlegającym ocenie była ilość płatków – zastawka dwu- lub trójpłatkowa.

Następnie ocenie poddawano morfologię płatków oraz ich rozmiar. Konieczny jest pomiar wysokości geometrycznej płatków. Jest to wymiar płatka od jego podstawy w najniższym punkcie (nadirze) do wolnego brzegu na wysokości guzka Arancjusza mierzony w linii prostej po naciągnięciu płatka.

W przypadku gdy wysokość geometryczna płatka niezrośniętego w zastawce dwupłatkowej w pomiarze bezpośrednim wynosiła $< 19\text{mm}$ następowała dyskwalifikacja od naprawy. Wymiarem dyskwalifikującym od plastyki zastawki trójpłatkowej była wartość $< 16\text{ mm}$ dla któregoś z płatków.

Podczas oceny zastawki dwupłatkowej istotną rolę odgrywała także obecność raphe, stopień jego zwapnienia i stopień retrakcji płatka. W przypadku obecności zwapniałego raphe oceniano możliwości jego wycięcia lub zdjęcia z odwarstwieniem i uruchomienia płatka fuzyjnego. Trójpłatkowa zastawka również była poddawana szczegółowej ocenie morfologii, obecności zwapnień lub fenestracji w płatkach [48], [49].

W grupie badanej ocena pomiarów była dodatkowo poszerzona. Porównywano długości wolnych brzegów sąsiadujących płatków oraz wykorzystując specjalne narzędzie pomiarowe, wykonywano wstępną ocenę wysokości efektywnej płatka. Wysokość efektywna to wymiar od płaszczyzny nadiru płatka do jego szczytu. W obrazie echokardiograficznym pomiar jest możliwy po uzyskaniu przekroju zastawki aortalnej w osi długiej w jej pozycji zamkniętej. Graficznie pojęcie wysokości efektywnej (eH) zobrazowano na rycinie 6. Oceniano możliwość doprowadzenia do wymiaru 9-10 mm – pośrednio było to zależne od długości wolnego brzegu płatka zastawkowego. W przypadku, gdy wstępna ocena wykluczała możliwość doprowadzenia do zadanego wymiaru, nie pozostawiano własnej zastawki aortalnej. Po ocenie wstępnej wykonywano zasadniczą część procedury, czyli remodeling opuszki aorty lub reimplantację zastawki aortalnej. Obie procedury zakładają redukcję wymiaru pierścienia aortalnego, mniejszego lub większego stopnia, w zależności od wymiaru pierwotnego. Za poszerzenie pierścienia aortalnego uznaje się każdą wartość powyżej 25 mm. Redukcja wymiaru AVJ w sposób istotny wpływa na ułożenie płatków zastawki aortalnej, może zwiększyć ich koaptację, ale również może nasilić lub wywołać wypadanie któregoś z płatków. Wynika to z względnego wydłużenia wolnego brzegu płatka w stosunku do rozmiaru neo-opuszki. Ostateczna ocena i ewentualna naprawa zastawki aortalnej wykonywana jest właśnie na tym etapie operacji.

W przypadku konieczności korekty wysokości efektywnej płątka wykonuje się plikację centralną wolnego brzegu do uzyskania wartości 9-10 mm [46].

U pacjentów grupy kontrolnej nie były wykonywane opisane powyżej pomiary. Ograniczano się do oceny wzrokowej, uzależnionej od doświadczenia operatora.

2.4. Metody oceny echokardiograficznej.

Obie grupy objęte badaniem podlegały echokardiograficznej ocenie przedoperacyjnej, śródoperacyjnej i pooperacyjnej. Badania przed i po operacji były badaniami przezklatkowymi, badanie śródoperacyjne to badanie przezprzełykowe u znieczulonego pacjenta, obejmowało zarówno ocenę przed rozpoczęciem krążenia pozaustrojowego jak i po jego zakończeniu. Pierwsza część badania przezprzełykowego miała na celu ocenę anatomii i potwierdzenie lub ustalenie dokładnej etiologii wady, druga część to ocena wykonanej naprawy.

Badania przezklatkowe wykonywane były zgodnie z wytycznymi Sekcji Echokardiografii Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego [50].

Przedoperacyjne badanie powinno dostarczyć pełnej informacji na temat etiologii wady, procesu chorobowego i wreszcie typu dysfunkcji. Aby ten warunek spełnić, ocena anatomii zastawki i całego kompleksu aortalnego obejmowała w obu grupach: ilość płatków (zastawka trójpłatkowa vs dwupłatkowa), ilość tkanki płatków zastawki (nadmiar, restrykcja), ich ruchomość i podatność, grubość, ewentualne ubytki (fenestracje). Dodatkowo oceniano morfologię komisur (obecność raphe w zastawce dwupłatkowej) i morfologię opuszki aorty.

Badanie przezklatkowe może być niewystarczające dla pełnej oceny anatomii i etiologii niedomykalności. Dlatego każdy pacjent śródoperacyjnie po indukcji znieczulenia, miał wprowadzaną sondę przezprzełykową. Przed rozpoczęciem krążenia pozaustrojowego oceniano ponownie cały kompleks aortalny, aby potwierdzić lub ustalić mechanizm niedomykalności zastawki. Zasadniczym kryterium skuteczności wykonanej operacji jest szczelność zastawki aortalnej po jej naprawie. Po raz pierwszy ocenia się to śródoperacyjnym przezprzełykowym badaniem echokardiograficznym. Badania te w pracy retrospektywnej nie były analizowane, są to badania niepełne, oceniają jedynie funkcję zastawki aortalnej, często są wykonywane przez biorącego udział w zabiegu lekarza anestezjologa i nie wszystkie są archiwizowane. Ocenę skuteczności operacji poddawaną analizie – wczesne wyniki

pooperacyjne - oparto na wykonywanym standardowo przed wypisem ze szpitala badaniu echokardiograficznym przezklatkowym.

Tabela 2

Stopniowanie ciężkości niedomykalności aortalnej [12].

| IA | łagodna | umiarkowana | ciężka |
|---|--------------------|----------------------|------------------|
| Wielkość LV | norma | Norma lub poszerzona | poszerzona |
| Szerokość strumienia w LVOT | mała | średnia | duża |
| PHT (ms) | >500 | 500-200 | <200 |
| Odwrócenie przepływu w aorticie zstępującej | wczesnorozkurczowe | pośrednie | holodiastoliczne |
| VC (cm) | <0,3 | 0,3-06 | >0,6 |
| Szerokość strumienia/szerokość LVOT (%) | <25 | 25-65 | >65 |
| RV (ml) | <30 | 30-60 | >60 |
| RF (%) | <30 | 30-50 | >50 |
| EROA (cm ²) | <0,1 | 0,1-0,3 | >0,3 |

IA – niedomykalność aortalna, LV – lewa komora, LVOT – droga odpływu lewej komory, PHT – czas połowicznego zmniejszenia gradientu, VC – talia fali zwrotnej, RV – objętość fali zwrotnej, RF – frakcja fali zwrotnej, EROA – efektywne pole wrót fali zwrotnej

Klasyfikacja niedomykalności aortalnej w obu grupach obejmowała cztery stopnie: 0 – brak, 1 – łagodna, 2 – umiarkowana, 3 – ciężka. Stopień niedomykalności ustalano na podstawie parametrów ujętych zbiorczo w tabeli 2.

2.5. Metody statystyczne

W analizie statystycznej, ze względu na małą liczbę obserwacji, stosowane były metody nieparametryczne. Porównanie grup w zakresie cech jakościowych przeprowadzono przy użyciu testu dokładnego Fishera, natomiast w zakresie cech o charakterze porządkowym i ilościowym za pomocą testu Manna-Whitneya. Przy opisywaniu zależności korelacyjnych pomiędzy zmiennymi porządkowymi

i/lub ilościowymi, stosowano współczynniki korelacji nieparametrycznej Spearmana. Obliczenia statystyczne wykonywano przy użyciu oprogramowania IBM SPSS Statistics w wersji 20.0. Hipotezy statystyczne weryfikowano na poziomie istotności $p < 0,05$.

VII. WYNIKI

W ocenie wyników porównano parametry przedoperacyjne, śródoperacyjne i pooperacyjne pomiędzy obiema badanymi grupami. Analizie poddano również przebieg pooperacyjny u badanych pacjentów włącznie z głównymi wczesnymi powikłaniami.

1. Parametry przedoperacyjne

Wśród parametrów przedoperacyjnych zawarto dane demograficzne, obejmujące wiek i płeć pacjenta – tabela 3. Nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami. Zarówno w grupie poddanej remodelingowi opuszki (grupa badana) jak i w grupie z reimplantacją (grupa kontrolna) przeważali mężczyźni, którzy stanowili odpowiednio 78,4% i 78%. Najmłodszy operowany pacjent miał 16 lat i wchodził w skład grupy kontrolnej, najstarszy 74 lata – grupa badana. Pod względem demograficznym grupy były jednorodne.

Tabela 3.

Parametry demograficzne grup chorych.

| | Grupa kontrolna | Grupa badana | p |
|-------------|-----------------|--------------|----|
| Wiek | 45,20±15,14 | 50,62±12,96 | ns |
| Płeć męska | 32(78%) | 29(78,4%) | ns |
| Płeć żeńska | 9(22%) | 8(21,6%) | |

W tabeli 4 przedstawiono wybrane przedoperacyjne dane kliniczne analizowanych grup pacjentów. Dotyczą one występowania objawów klinicznych na poziomie II lub wyższym w klasyfikacji niewydolności serca wg New York Heart Association (NYHA II), wyodrębniono pacjentów z dwupłatkową zastawką aortalną i najczęściej występującym zespołem genetycznym – zespołem Marfana a także uwzględniono pilność i złożoność (operacje towarzyszące, reoperacje) zabiegu.

Tabela 4.

Wybrane przedoperacyjne parametry kliniczne.

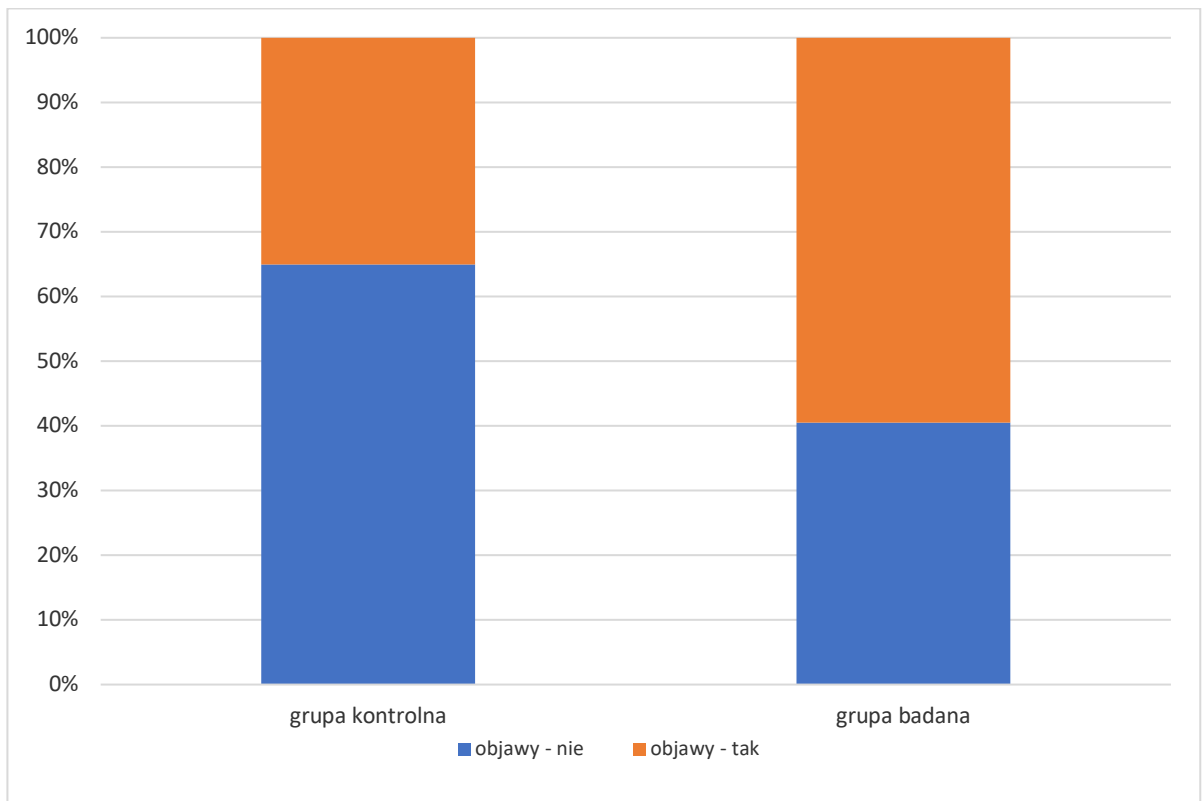
| | Grupa kontrolna | Grupa badana | p |
|--------------------------|-----------------|--------------|-------|
| Objawy (\geq NYHA II) | 14(35,0%) | 22(59,5%) | 0,041 |
| Zespół Marfana | 10(24,4%) | 3(8,1%) | ns |
| BAV | 10(24,4%) | 8(21,6%) | ns |
| Operacja towarzysząca | 8(19,5%) | 3(8,1%) | ns |
| Operacja pilna | 2(4,9%) | 2(5,4%) | ns |
| Reoperacja | 1(2,4%) | 6(16,2%) | 0,048 |

NYHA – New York Heart Association, BAV - dwupłatkowa zastawka aortalna

Analizując zaawansowanie objawów klinicznych u pacjentów poddanych leczeniu operacyjnemu zauważono, że w grupie operowanej metodą remodelingu było więcej pacjentów z objawami klinicznymi na poziomie NYHA II lub wyższym (59,5%) niż w grupie operacji David'a (35,0%). Różnica ta osiągnęła poziom istotności statystycznej ($p < 0,05$) i została przedstawiona graficznie na rycinie 7.

Rycina 7

Występowanie objawów klinicznych \geq NYHA II w badanych grupach.

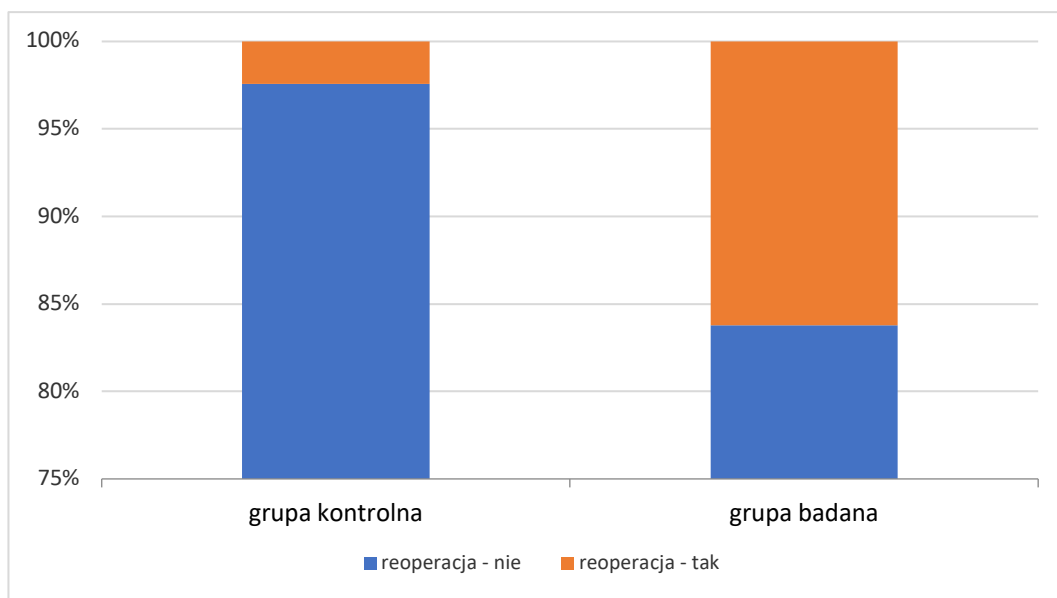


W grupie kontrolnej było więcej pacjentów z zespołem Marfana niż w grupie badanej – odpowiednio 24,4% oraz 8,1%. Różnica ta nie była wynikiem selekcji pacjentów do poszczególnych grup w zależności od metody operacyjnej i nie osiągnęła istotności statystycznej. Występowanie dwupłatkowej zastawki aortalnej w obu grupach było podobne, z nieznaczną przewagą w grupie kontrolnej nad badaną – odpowiednio 24,4% i 21,6%, również nieistotne statystycznie. W obu grupach po 2 operacje były operacjami pilnymi (ns). Operację towarzyszącą wykonano u 3 chorych z grupy badanej (8,1%) i u 8 pacjentów z grupy kontrolnej (19,5%) - bez istotności statystycznej. W badanym materiale istotnie częściej operacja remodelingu opuszki aorty była reoperacją – 6 pacjentów (16,2%) w grupie badanej i 1 pacjent (2,4%) w grupie kontrolnej. W grupie badanej 4 przypadki były reoperacją po poprzedniej operacji w zakresie aorty. W dwóch przypadkach wykonano remodelingu autograftu po wcześniejszej operacji Ross'a, w kolejnych dwóch zabieg był drugim etapem operacyjnego leczenia rozwarstwienia aorty po wcześniejszym wszczepieniu

protezy nadwieńcowej w przebiegu ostrego rozwarstwienia. Pozostałe przypadki to zabiegi po operacjach nie związanych z aortą. Porównanie liczby reoperacji w obu grupach przedstawiono na rycinie 8.

Rycina 8

Porównanie liczby reoperacji w grupie badanej i grupie kontrolnej



Wszyscy pacjenci przed operacją podlegali ocenie echokardiograficznej. Pacjenci mieli wykonane przezklatkowe badanie echokardiograficzne, ocenie podlegały standardowe parametry. Wartości istotne dla aktualnej pracy zostały zebrane w tabeli 5.

Przedoperacyjne echokardiograficzne cechy ilościowe: największy wymiar aorty wstępującej, frakcja wyrzutowa (EF), wymiar późnorozkurczowy lewej komory (LVEDD) oraz wymiar późnoskurczowy lewej komory (LVESD) nie wykazały istotnych statystycznie różnic pomiędzy badanymi grupami.

Ocenianą przedoperacyjnie niedomykalność zastawki aortalnej podzielono na cztery stopnie: brak, łagodną, umiarkowaną i ciężką. Przy porównaniu występowania każdego ze stopni pomiędzy grupami nie wykazano istotności statystycznej. Bliski istotności był odsetek pacjentów z prawidłową zastawką. W grupie remodelingu nie było ani jednego pacjenta bez niedomykalności aortalnej, w grupie kontrolnej było ich 5 (12,5%).

Tabela 5.
Przedoperacyjne parametry echokardiograficzne.

| | Grupa kontrolna | Grupa badana | p |
|-------------------|-----------------|--------------|------------|
| Wymiar aorty (mm) | 53,17±4,50 | 56,06±8,41 | ns |
| EF (%) | 58,79±7,11 | 59,19±7,17 | ns |
| LVEDD (mm) | 55,61±6,16 | 57,52±6,33 | ns |
| LVEDS (mm) | 37,36±8,73 | 38,43±8,23 | ns |
| Bez IA | 5(12,5%) | 0(0%) | ns (0,055) |
| IA łagodna | 15(37,5%) | 9(24,3%) | ns |
| IA umiarkowana | 12(30,0%) | 18(48,6%) | ns |
| IA ciężka | 8(20,0%) | 10(27,0%) | ns |

EF – frakcja wyrzutowa, LVEDD – późnorozkurczowy wymiar lewej komory, LVEDS – późnoskurczowy wymiar lewej komory, IA – niedomykalność aortalna

Po analizie rozkładu stopnia niedomykalności zastawki aortalnej w badanych grupach pacjentów uzyskano wartości mediany dla obu grup – niedomykalność umiarkowana w grupie badanej oraz łagodna w grupie kontrolnej. W badaniu przedoperacyjnym pacjenci poddani operacji badaną metodą charakteryzowali się większą niedomykalnością zastawki aortalnej w stosunku do pacjentów operowanych metodą reimplantacji. Uzyskano wynik istotny statystycznie. Dane te przedstawiono zbiorczo w tabeli 6 oraz na rycinie 9.

Tabela 6.

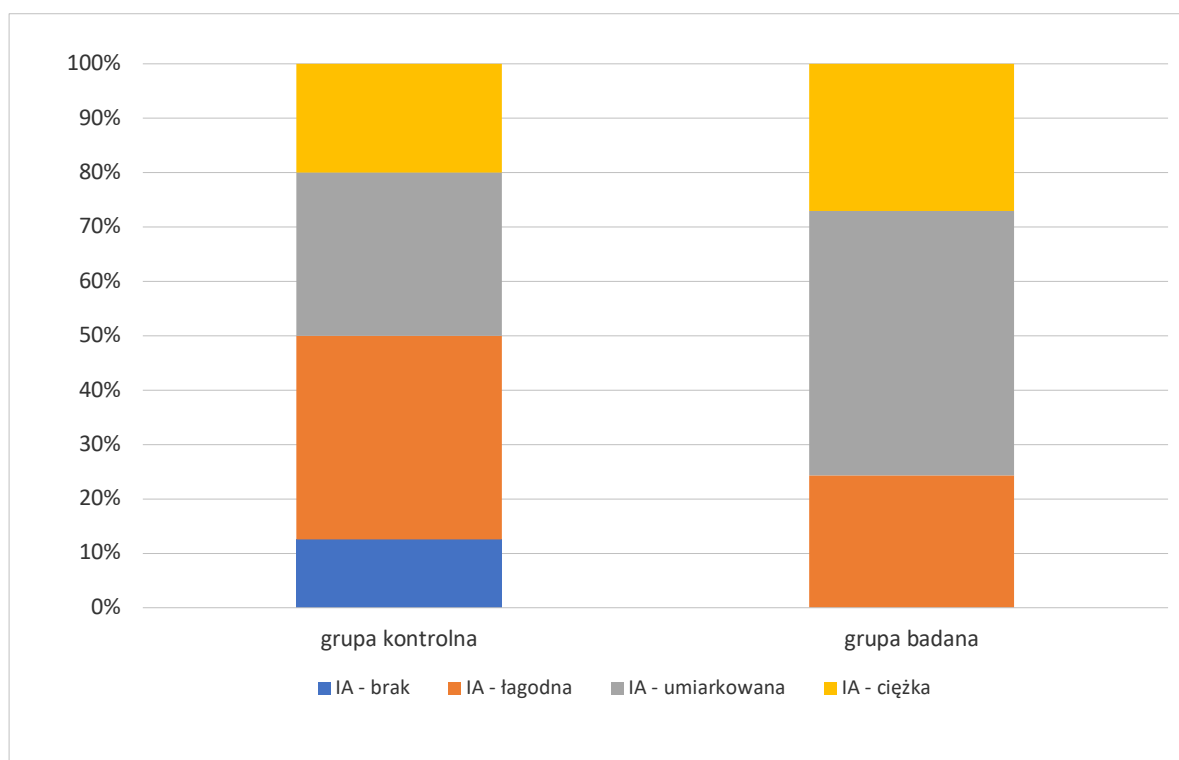
Stopień przedoperacyjnej niedomykalności aortalnej.

| Stopień IA | Grupa kontrolna | Grupa badana | p |
|-------------|-----------------|--------------|-------|
| Brak | 5(12,5%) | 0(0,0%) | 0,031 |
| Łagodna | 15(37,5%) | 9(24,3%) | |
| Umiarkowana | 12(30,0%) | 18(48,6%) | |
| Ciężka | 8(20%) | 10(27%) | |
| Mediana | łagodna | umiarkowana | |

IA – niedomykalność aortalna

Rycina 9

Stopień przedoperacyjnej niedomykalności aortalnej.



IA – niedomykalność aortalna

2. Parametry śródoperacyjne

Analiza parametrów śródoperacyjnych obejmowała czas krążenia pozaustrojowego, czas zaklemowania aorty oraz rozmiar użytej do operacji protezy naczyniowej. Wyniki zebrano w tabeli 7.

Tabela 7.
Parametry śródoperacyjne

| | Grupa kontrolna | Grupa badana | p |
|----------------------|-----------------|--------------|---------|
| ECC (min.) | 199,31±48,20 | 190,16±45,29 | ns |
| CCT (min) | 162,52±35,19 | 157,73±33,96 | ns |
| Rozmiar protezy (mm) | 29,62±1,74 | 28,27±1,35 | ≤ 0,001 |

ECC – krążenie pozaustrojowe, CCT – czas zaklemowania aorty

Nie wykazano istotnych statystycznie różnic w odniesieniu do czasu krążenia pozaustrojowego (ECC – Extracorporeal Circulation) i czasu zaklemowania aorty (CCT – Cross Clamping Time) w poszczególnych grupach.

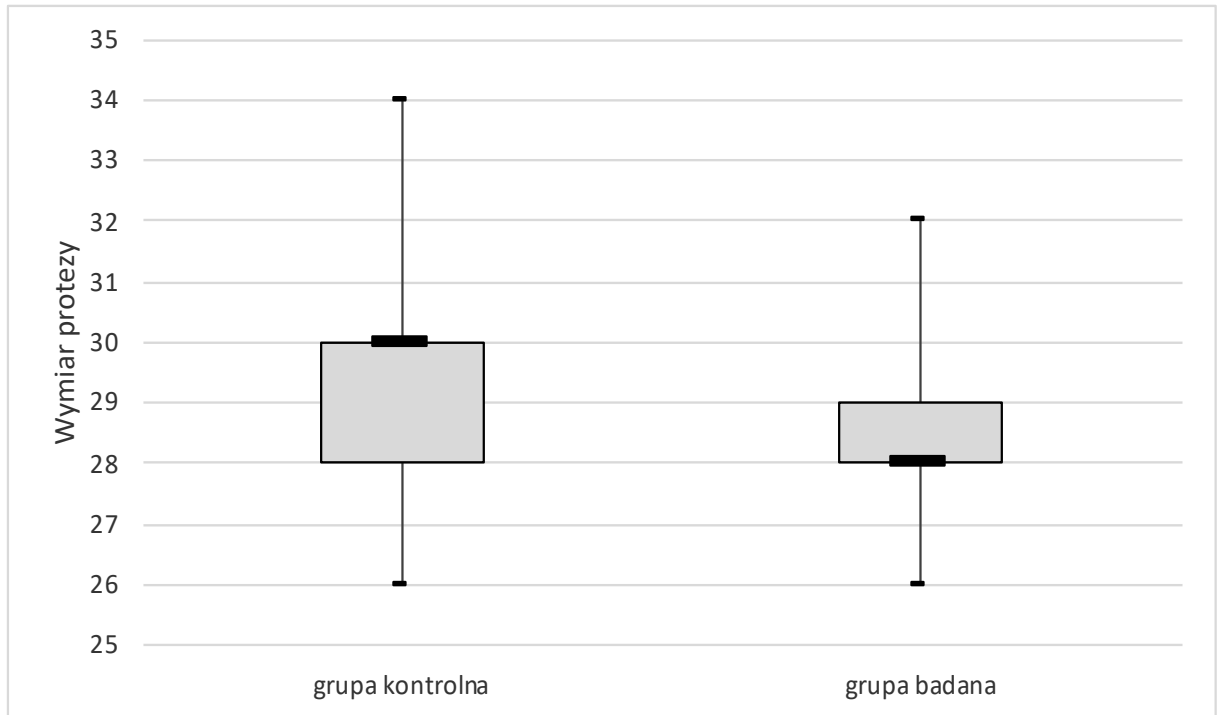
Można przyjąć, że wartości czasów ECC i CCT pośrednio opisują biegłość wykonania danego zabiegu kardiochirurgicznego. Oceniając korelacje pomiędzy kolejnym numerem operacji w grupie badanej a parametrami ilościowymi można zauważyć, że dla czasu krążenia pozaustrojowego i czasu zaklemowania aorty, korelacje nie są istotne statystycznie, jednak współczynniki korelacji są ujemne. Świadczy to o istnieniu trendu do skracania się poddanych analizie czasów wraz z nabywaniem doświadczenia. W celu wykazania istotności konieczne byłoby zwiększenie grupy badanych chorych.

Ostatnim analizowanym parametrem śródoperacyjnym była wielkość wszczepionej podczas zabiegu protezy naczyniowej. W grupie badanej wszczepiano mniejsze protezy naczyniowe niż w grupie kontrolnej. Mediana wymiaru protezy

w grupie badanej wyniosła 28 mm podczas gdy w grupie kontrolnej 30 mm. Wynik był istotny statystycznie, co przedstawiono w tabeli 7 oraz został przedstawiony na rycinie 10.

Rycina 10

Rozmiar protezy naczyniowej użytej podczas zabiegu.



3. Parametry pooperacyjne

W ramach oceny wczesnych wyników pooperacyjnych w obu grupach, analizie poddano stopień niedomykalności aortalnej po zabiegu w przezklatkowym badaniu echokardiograficznym wykonywanym przed wypisem pacjenta. Zebrane dane przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8.

Stopień pooperacyjnej niedomykalności aortalnej.

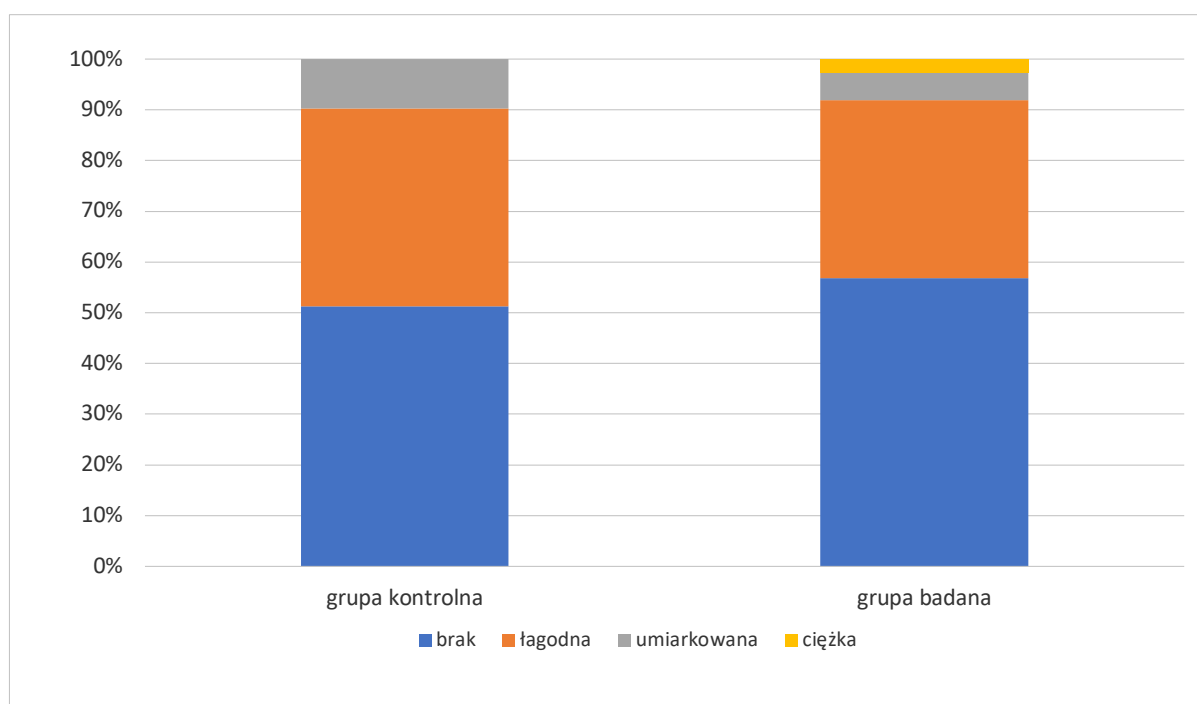
| Stopień IA | Grupa kontrolna | Grupa badana | p |
|-------------|-----------------|--------------|-------|
| Brak | 21(51,2%) | 21(56,8%) | 0,637 |
| Łagodna | 16(39,0%) | 13(35,1%) | |
| Umiarkowana | 4(9,8%) | 2(5,4%) | |
| Ciężka | 0(0,0%) | 1(2,7%) | |

IA – niedomykalność aortalna

Różnice w ocenie szczelności zastawki po operacji różnymi metodami nie osiągnęły istotności statystycznej. Wczesny efekt operacji, oceniany za pomocą stopnia pooperacyjnej niedomykalności zastawki aortalnej, był podobny w obu grupach. Dane te przedstawiono na rycinie 11.

Rycina 11

Stopień pooperacyjnej niedomykalności aortalnej.



Jak przedstawiono wcześniej, różnica w stopniu niedomykalności aortalnej pomiędzy badanymi grupami była statystycznie istotna przed operacją. Po zabiegu operacyjnym stopień rezydualnej niedomykalności lub jej brak w zestawieniu pomiędzy grupą badaną i kontrolną nie wykazał statystycznie istotnej różnicy. Po uzyskaniu tych wyników powstało pytanie, czy w którejś z grup, stopień poprawy po zabiegu jest większy niż w drugiej. Wyniki w obu grupach podzielono na dwie kategorie – poprawa oraz brak poprawy lub pogorszenie. Tak podzielony materiał poddano analizie. Wyniki przedstawiono w tabeli 9 i graficznie na rycinie 12.

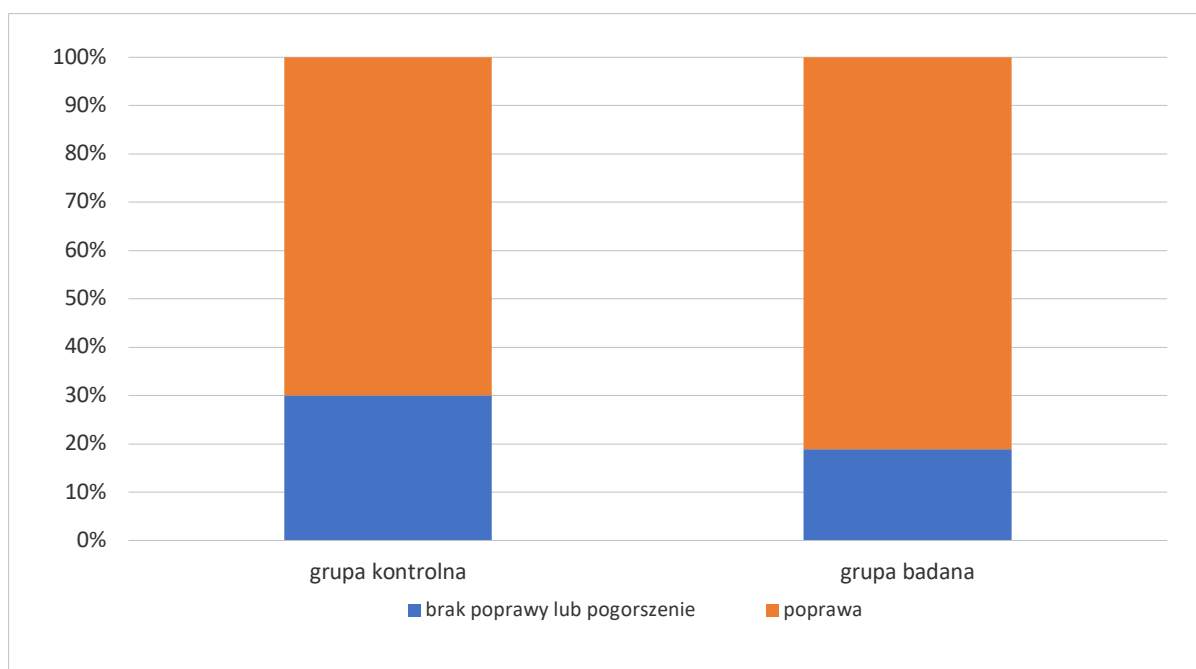
Tabela 9.

Stopień poprawy niedomykalności aortalnej po operacji.

| | Grupa kontrolna | Grupa badana | p |
|------------------------------|-----------------|--------------|-------|
| Poprawa | 28(70,0%) | 30(81,1%) | 0,260 |
| Brak poprawy lub pogorszenie | 12(30,0%) | 7(18,9%) | |

Rycina 12

Stopień poprawy niedomykalności aortalnej po operacji.

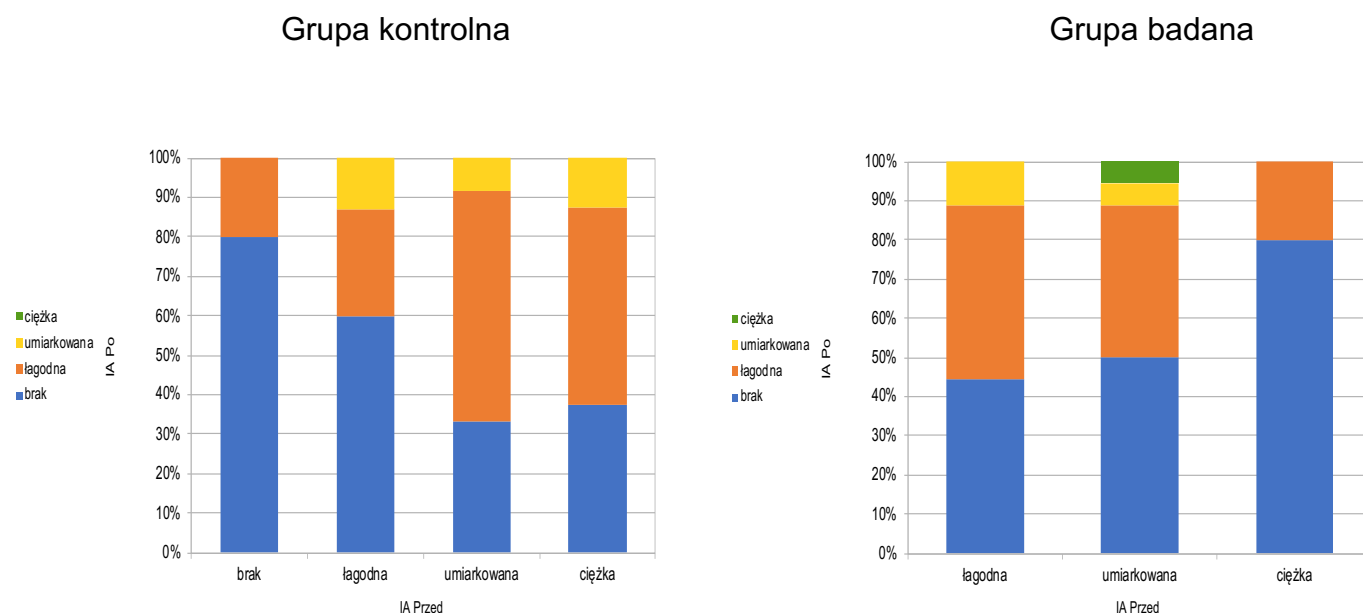


Na wykresie widoczny jest trend w kierunku możliwości uzyskania większej poprawy w przypadku operacji remodelingu opuszki aorty z zewnętrzną annuloplastyką, jednak różnice pomiędzy grupami nie wykazały istotności statystycznej.

Przeanalizowano stopień poprawy po operacji w obrębie każdej grupy w zależności od stopnia niedomykalności przedoperacyjnej. Graficznie przedstawiono to na rycinie 13.

Rycina 13

Niedomykalność aortalna pooperacyjna w stosunku do przedoperacyjnej z podziałem na grupy.



Analiza wykresów sugeruje możliwość lepszej korekcji wady przy użyciu metody badanej. Ogólny stopień zmniejszenia niedomykalności aortalnej po operacji dla obu grup nie osiągnął istotności statystycznej, co pokazano wcześniej.

Przeprowadzono jednak bardziej szczegółową analizę w obrębie każdej z grup. Przyjęto czterostopniową skalę niedomykalności aortalnej: brak - łagodna - umiarkowana - ciężka. Zmiana niedomykalności na skali minus 1 oznacza zmniejszenie niedomykalności o jeden punkt po operacji w stosunku do stanu przed operacją. Zmiana niedomykalności na skali plus 1 oznacza wzrost niedomykalności o jeden punkt po operacji w stosunku do stanu przed operacją.

Po analizie można stwierdzić, że w grupie osób operowanych badaną metodą zmniejszenie niedomykalności było istotnie większe (przeciętnie o 2 punkty skali) niż w grupie kontrolnej (przeciętnie o 1 punkt). Wyniki zestawiono w tabeli 10.

Tabela 10

Zmiana stopnia niedomykalności aortalnej po operacji.

| IA przed operacją | Grupa | Zmiana IA po operacji* | | | p |
|-------------------|-----------------|------------------------|---------|------------|--------------|
| | | Minimalna | Mediana | Maksymalna | |
| brak | grupa kontrolna | 0 | 0 | 1 | |
| | grupa badana | | | | |
| łagodna | grupa kontrolna | -1 | -1 | 1 | 0,572 |
| | grupa badana | -1 | 0 | 1 | |
| umiarkowana | grupa kontrolna | -2 | -1 | 0 | 0,512 |
| | grupa badana | -2 | -1,5 | 1 | |
| ciężka | grupa kontrolna | -3 | -2 | -1 | 0,062 |
| | grupa badana | -3 | -3 | -2 | |
| Ogółem | grupa kontrolna | -3 | -1 | 1 | 0,037 |
| | grupa badana | -3 | -2 | 1 | |

IA – niedomykalność aortalna

* zmiana IA na skali brak/łagodna/umiarkowana/ciężka: -1 oznacza zmniejszenie o 1 punkt skali, +1 wzrost o jeden punkt po operacji w stosunku do stanu przed operacją

W związku z wynikającą z techniki operacyjnej ingerencją w szerokość pierścienia aortalnego zbadano wartości gradientów maksymalnych i średnich przez zastawkę aortalną w pooperacyjnym badaniu echokardiograficznym (tabela 11).

Tabela 11

Pooperacyjne gradienty przez zastawkę aortalną.

| | Grupa kontrolna | Grupa badana | p |
|-----------------------|-----------------|--------------|----|
| Gradient maks. (mmHg) | 18,06±7,13 | 15,72±7,92 | ns |
| Gradient śr. (mmHg) | 10,50±4,11 | 9,08±4,11 | ns |

Nie wykazano różnic gradientu przez zastawkę aortalną pomiędzy grupami. Wartości średnie obu parametrów są nieco wyższe u pacjentów grupy kontrolnej (reimplantacja) pomimo wykazanej wcześniej różnicy dotyczącej rozmiaru stosowanych protez naczyniowych na korzyść tej grupy chorych. Uzyskane wartości gradientów przez zastawkę aortalną nie miały znaczenia hemodynamicznego, plastyka VAJ nie powodowała stenozy aortalnej.

Oceniano czas pobytu pacjentów na Oddziale Pooperacyjnym. Nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami co zawarto w tabeli 12.

Tabela 12

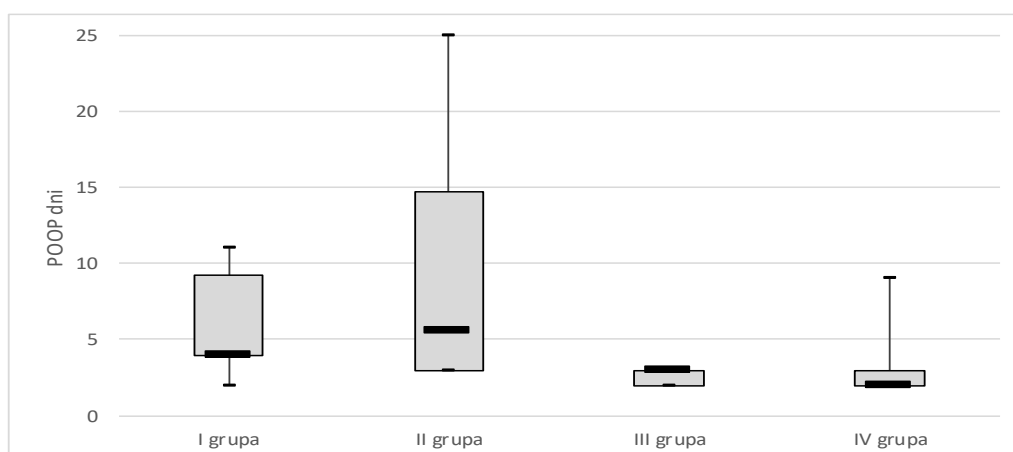
Czas pobytu na Oddziale Pooperacyjnym.

| | Grupa kontrolna | Grupa badana | p |
|-------------|-----------------|--------------|----|
| POOP (doby) | 3,20±1,29 | 4,65±4,61 | ns |

Istnieje jednak istotna i dość silna zależność pomiędzy kolejnymi operacjami a czasem pobytu na Oddziale Pooperacyjnym (POOP). Analizy dokonano po podziale pacjentów na cztery podgrupy po 25% chorych wg kolejności wykonania operacji. Korelacja jest ujemna, co oznacza, że średni czas przebywania pacjenta na sali pooperacyjnej w fazie początkowej wprowadzania metody był istotnie dłuższy i skracał się wraz z liczbą wykonanych zabiegów. Omawianą zależność przedstawiono graficznie na rycinie 15.

Rycina 15

Czas pobytu na Oddziale Pooperacyjnym a kolejność operacji.



4. Powikłania pooperacyjne

Oceniano śmiertelność i powikłania pooperacyjne w obydwu grupach. Częstość ich występowania przedstawiono w tabeli 13.

W obu badanych grupach nie odnotowano zgonu wewnątrzszpitalnego. Konieczność wczesnej wymiany zastawki aortalnej z powodu nieudanej naprawy wystąpiła u dwóch pacjentów grupy badanej i jednego grupy kontrolnej – nie wykazano istotności statystycznej.

Tabela 13

Powikłania pooperacyjne.

| | Grupa kontrolna | Grupa badana | p |
|---------------------------------|-----------------|--------------|-------|
| Zgon | 0(0,0%) | 0(0,0%) | ns |
| AVR | 1(2,4%) | 2(5,6%) | ns |
| Reoperacja (krwawienie) | 6(14,6%) | 5(13,9%) | ns |
| CRRT | 1(2,4%) | 1(2,7%) | ns |
| Udar OUN | 0(0,0%) | 2(5,4%) | ns |
| Rozejście mostka | 1(2,4%) | 2(5,4%) | ns |
| Napadowe migotanie przedsionków | 3(7,3%) | 10(27%) | 0,031 |

AVR – Aortic Valve Replacement, CRRT – Continuous Renal Replacement Therapy, OUN – Ośrodkowy Układ Nerwowy

Częstość reoperacji z powodu krwawienia była podobna w obydwu grupach, mimo że technika operacji mogłaby sugerować większe ryzyko krwawienia w grupie

pacjentów z remodelingiem – jedna linia szwów, w porównaniu z dwiema liniami w przypadku reimplantacji. Pooperacyjna niewydolność nerek wymagająca terapii nerkozastępczej wystąpiła u jednego pacjenta w każdej z ocenianych grup. Nie było istotnych statystycznie różnic w występowaniu powikłań neurologicznych pod postacią udaru ośrodkowego układu nerwowego. Badane grupy nie różniły się również pod względem wystąpienia pooperacyjnego rozejścia mostka.

Istotną różnicę pomiędzy dwiema badanymi grupami wykazano w przypadku występowania pooperacyjnego napadowego migotania przedsionków. Napad migotania przedsionków wystąpił u 10 pacjentów (27 %) z grupy chorych operowanych metodą remodelingu opuszki i u 3 pacjentów (7,3 %) po operacji David'a.

VIII. OMÓWIENIE WYNIKÓW

W kardiologii wzrasta zainteresowanie procedurami oszczędzającymi zastawkę aortalną. Nadal jednak naprawa zastawki aortalnej nie jest tak rozpowszechniona jak naprawa zastawki mitralnej. Rozwój technik plastyki zastawki mitralnej nastąpił po opublikowaniu w 1983 roku przez Carpentier'a systemu klasyfikacji niedomykalności zastawki mitralnej w zależności od etiologii. Klasyfikacja ta jest oparta na ocenie która część kompleksu mitralnego - pierścień, płatki zastawki, aparat podzastawkowy – odpowiada za dysfunkcję zastawki [51]. To pozwoliło na rozwój specyficznych technik zabiegowych stosowanych w zależności od występującej patologii oraz na standaryzację postępowania chirurgicznego, prowadzącą do uzyskiwania powtarzalnych wyników. Rozwój analogicznej klasyfikacji dla zastawki aortalnej nastąpił około 20 lat później. Jest to koncepcja, która podobnie jak wyżej wspomniana, opiera się na analizie możliwych patologii każdej ze składowych części kompleksu aortalnego jako czynnika przyczynowego wystąpienia niedomykalności zastawki aortalnej – STJ i AVJ, płatków zastawki oraz komisur. Ta klasyfikacja powstała jako efekt wieloletnich badań i obserwacji, i została opublikowana przez El Khoury'ego i wsp. w 2005 roku [23].

Pomimo wcześniejszych doświadczeń i opracowania wielu technik mających zastosowanie przy operacjach naprawczych zastawki aortalnej, pozostawały to zabiegi wykonywane jedynie przez doświadczonych w tym zakresie chirurgów w wybranych ośrodkach. Brak było konkretnych i jednolitych wskazówek dotyczących

postępowania operacyjnego. Po tym, jak klasyfikacji i standaryzacji procedur naprawczych doczekała się zastawka mitralna zrozumiano, że powtarzalność i przewidywalność zabiegów naprawczych zależy od dogłębnego zrozumienia fizjologii zastawki, wszystkich jej anatomicznych i czynnościowych części składowych, które są odpowiedzialne za jej prawidłową funkcję [52].

Obecnie w wytycznych zarówno europejskich jak i amerykańskich nie ma wskazań do leczenia operacyjnego niedomykalności zastawki aortalnej u chorych bezobjawowych, z prawidłową funkcją lewej komory i prawidłowymi parametrami jej wielkości. O ile znane są i rekomendowane, korzyści płynące z wczesnej naprawy zastawki mitralnej u chorych bezobjawowych z istotną niedomykalnością mitralną, o tyle nie ma podobnego stanowiska dotyczącego leczenia operacyjnego pacjentów bezobjawowych z niedomykalnością aortalną. Częściowo fakt ten może być spowodowany tym, że wciąż najczęściej wykonywanym w takiej sytuacji zabiegiem jest wymiana zastawki aortalnej, a nie jej naprawa, jak w przypadku zastawki mitralnej [53]. Plastyka zastawki aortalnej dopiero w obecnej chwili zaczyna być procedurą standaryzowaną, a mimo wszystko nadal jest uważana za metodę, której skuteczność w bardzo dużym stopniu zależy od operatora i jego doświadczenia. Nie jest to oczywiście jedyny powód. Leczenie operacyjne chorych bezobjawowych nawet w przypadku rozpoznania istotnej niedomykalności zastawki aortalnej mogłoby być usprawiedliwione wyłącznie w przypadku istnienia dowodów na poprawę przeżycia po operacji. Takie dowody można byłoby uzyskać jedynie przeprowadzając kontrolowane badanie kliniczne, a takich nie ma. Strategię polegającą na odraczeniu operacji u chorych bezobjawowych nawet z ciężką niedomykalnością aortalną i prawidłową funkcją lewej komory wspierają prace badające naturalny przebieg wady, wykazujące, że większość takich pacjentów pozostaje bezobjawowych oraz zachowuje prawidłową funkcję lewej komory przez wiele lat [54], [55]. W 11-letniej obserwacji Bonowa i wsp., aż 58% badanych żyło i zachowywało prawidłową frakcję wyrzutową [54]. Są natomiast obserwacje mówiące, że u chorych bezobjawowych z istotną niedomykalnością aortalną i obniżoną kurczliwością lewej komory (LVEF<50%) dochodzi do rozwoju niewydolności serca lub śmierci z częstością 25% na rok. W przypadku gdy rozwijają się objawy zastoinowej niewydolności serca towarzyszące istotnej niedomykalności aortalnej śmiertelność bez leczenia operacyjnego jest istotnie wyższa – więcej niż 20 % rocznie – w stosunku do zdrowej populacji. Operacja w tej

grupie pacjentów łagodzi objawy i prawdopodobnie poprawia przeżycie, ale jednak nie normalizuje oczekiwanej długości życia [56].

Wcześniejszą kwalifikację do leczenia operacyjnego mogłaby usprawiedliwić powtarzalność wykonywanych zabiegów w połączeniu z niskim ryzykiem zgonu - niższym niż przewidywane ryzyko śmierci w przebiegu choroby w aktualnym stadium zaawansowania. W jednej z obserwacji wykazano, że w całej populacji pacjentów z istotną niedomykalnością aortalną prawdopodobieństwo zgonu, pojawienia się objawów klinicznych lub dysfunkcji komory wynosiło poniżej 5% na rok, ale wzrastało do 19% rocznie u chorych z LVESD powyżej 50 mm. Było natomiast nieistotne w podgrupie z LVESD poniżej 40 mm [54]. W innej pracy Tornos i wsp. przeprowadzili porównanie dwóch grup chorych. Pierwsza grupa to chorzy operowani wcześniej, bezobjawowi z umiarkowanym spadkiem LVEF, lub objawowi na poziomie NYHA II, grupa druga to pacjenci objawowi w stadium NYHA III lub NYHA IV, lub bezobjawowi i skąpo objawowi, z LVEF < 45 %, lub LVESD > 55 mm. Badanie wykazało istotną statystycznie różnicę w przeżyciu po operacji na korzyść dla grupy pierwszej [57]. Wynika z tego, że istnieją mocne argumenty potwierdzające, że tylko wczesna operacja, jak najszybciej po pojawieniu się klasycznych wskazań (objawy kliniczne, pogorszenie funkcji lewej komory), daje szansę na przeżycie porównywalne z populacją ogólną.

Aktualne wytyczne postępowania w zastawkowych wadach serca, zarówno europejskie jak i amerykańskie, również poruszają wspomnianą wcześniej kwestię dotyczącą zabiegów naprawczych. Nadal operacje plastyki zastawki aortalnej i operacje z oszczędzeniem własnej zastawki aortalnej uważane są za zabiegi skomplikowane, wykonywane tylko przez doświadczone zespoły. Obydwa opracowania zalecają wykonywanie tego typu zabiegów w ośrodkach wyspecjalizowanych, z dużym doświadczeniem w tych procedurach, jeżeli ryzyko zabiegu jest niskie a prawdopodobieństwo udanej naprawy wysokie [2], [3] .

W niniejszej pracy porównano wyniki wczesne dwóch metod operacji oszczędzających zastawkę aortalną. Nie było celem pracy wykazanie wyższości jednej metody nad drugą. Jedna z porównywanych metod – zastosowana w grupie badanej – to metoda zyskująca na popularności w ostatnich latach, poddana daleko posuniętej standaryzacji [36]. Większość pacjentów grupy badanej – 28 (75,7%) – było operowanych przez jednego kardiochirurga, doświadczonego w zakresie operacji metodą Bentall'a, lecz rozpoczynającego wykonywanie procedur w zakresie operacji

oszczędzających zastawkę aortalną. Badanie miało na celu wykazać, czy jest możliwe wprowadzenie nowej metody nawet przez początkującego w tym obszarze operatora, dzięki zastosowaniu opracowanej standaryzacji postępowania. W grupie kontrolnej zastosowano metodę reimplantacji zastawki aortalnej opisaną przez David'a w 1992 roku [6], wykonywaną wcześniej i obecnie, przez doświadczonych kardiochirurgów. Z tego faktu wynika różnica pomiędzy badanymi grupami w latach przeprowadzanych zabiegów. Grupa badana wybrana została z chorych operowanych ciągu około 3 lat poprzedzających analizę i porównana z grupą kontrolną składającą się z pacjentów operowanych w okresie 7,5 roku. Pośrednio na podstawie tych danych można wyciągnąć wniosek o rosnącej popularności tego typu zabiegów – liczebność badanych grup jest podobna a grupa badana została stworzona z pacjentów operowanych w ponad dwa razy krótszym czasie.

Zespoły kardiochirurgów pracujące nad standaryzacją techniki wykorzystanej w grupie badanej skupiały swoje działania na stworzeniu metod obiektywnego pomiaru odpowiednich parametrów w kluczowych punktach procedury. Wszystko w celu umożliwienia obiektywnej oceny skuteczności wykonanego zabiegu i przewidzenia efektu końcowego. Takie podejście ma doprowadzić do uzyskiwania powtarzalnych wyników zabiegów oszczędzających zastawkę aortalną. Ma to również na celu minimalizację krzywej uczenia. Szkolenie z opracowanej techniki operacyjnej powinno dać możliwość zastosowania jej przez coraz szersze grono chirurgów z dobrym efektem. W ten sposób większa liczba pacjentów będzie miała szansę na uniknięcie wymiany zastawki aortalnej a co za tym idzie eliminację ryzyka powikłań związanych z wszczepioną protezą zastawkową.

W pracy nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami w zakresie wieku i płci pacjentów w poszczególnych grupach. Średnia wieku pacjentów w grupie badanej wyniosła ok. 50 lat, w grupie kontrolnej ok. 45 lat. Podobnie kształtuje się struktura wiekowa w grupach badanych przez innych autorów [27], [30], [38], [58]–[61]. W obydwu grupach przewagę stanowili mężczyźni – w grupie badanej 78,4%, w grupie kontrolnej 78%. Podobne obserwacje mieli w swoich pracach David, Lansac i Schäfers [27], [58], [61]. W innych dostępnych obserwacjach przewaga płci męskiej jest nawet większa [30], [59], [62]. Przewaga płci męskiej i średnia wieku obserwowanych grup zgadza się również z obserwacjami epidemiologicznymi poczynionymi we Framingham Heart Study, gdzie niedomykalność aortalną

obserwowano u 13% mężczyzn i 8,5% kobiet ze szczytem występowania między 40 a 60 rokiem życia [63].

W grupie badanej pacjenci istotnie częściej zgłaszali objawy niewydolności krążenia na poziomie II stopnia klasyfikacji NYHA lub wyżej. Objawy takie wykazywało 59,5% pacjentów, w porównaniu z 35% pacjentów grupy kontrolnej. Lansac i wsp. opisują grupę chorych, wśród których objawy na poziomie wyższym lub równym NYHA II występowały u 41,2% - 45% pacjentów [27], [61]. W obu powyżej wspomnianych pracach stosowano metodę podobną do użytej w grupie badanej. Yacoub z zespołem, opisujący odległe wyniki remodelingu opuszki aorty, operowali pacjentów o zdecydowanie większym nasileniu objawów. Pacjenci objawowi na poziomie NYHA II i powyżej, stanowili 91,1 % grupy. [64] . Okres dzielący te publikacje to niespełna 20 lat. Można przypuszczać, że różnica ta jest wynikiem wyraźnego trendu przesuwania decyzji o wykonaniu zabiegu w kierunku wcześniejszej interwencji, jeszcze zanim pojawią się bardziej nasilone objawy kliniczne. Charakterystyka kliniczna opisywanych w przedstawianej pracy grup sugeruje podobny kierunek. Odnosi się wrażenie, że zaznacza się tendencja do szybszego kwalifikowania pacjentów do leczenia operacyjnego, z możliwościami dalszego rozwoju. Jak wspomniano wcześniej, nie ma zaleceń, aby operować pacjentów bezobjawowych, jednak w pracy Lansac'a klasa NYHA była jedynym czynnikiem ryzyka reoperacji w obserwacji odległej [27], natomiast w obserwacji Yacoub'a klasa NYHA była istotnym czynnikiem ryzyka wczesnej śmiertelności po leczeniu operacyjnym [64]. Można mieć nadzieję, że wysiłki mające na celu popularyzację metody poprzez uczynienie jej powtarzalną i jak najprostszą w wykonaniu, doprowadzą do sytuacji, kiedy będzie można kwalifikować pacjentów do wcześniejszych zabiegów, aby uzyskać najlepszy wynik odległy.

W przeglądzie i metaanalizie publikowanych wyników operacji oszczędzających zastawkę aortalną pacjenci z chorobą tkanki łącznej (bez wyszczególnienia) stanowili 23,9% materiału z 35 włączonych badań, natomiast dwupłatkowa zastawka aortalna występowała u 14,1 % chorych z 28 opracowań. [65]. W prezentowanej grupie pacjenci z zespołem Marfana stanowili 16,7% materiału, przy czym 8,1 % w grupie badanej i 24,4 % w grupie kontrolnej. Przewaga na korzyść grupy kontrolnej, mimo że nieistotna statystycznie, może częściowo wynikać z poglądu jakoby operacja reimplantacji zastawki aortalnej była lepszą metodą u pacjentów z chorobą tkanki łącznej. Pogląd ten mógł być uzasadniony w okresie przed wprowadzeniem do metody remodelingu

technik stabilizujących pierścieni aortalny. Opublikowana została analiza danych wielośrodkowego rejestru AVIATOR gromadzącego pacjentów po operacji remodelingu opuszki aorty z zewnętrzną annuloplastyką aortalną (zabieg stosowany w grupie badanej przedstawianego materiału). Zespół Marfana występował w 9,9% przypadków. Wykazano, że nie był on czynnikiem ryzyka reoperacji w obserwacji odległej [27].

Dwupłatkowa zastawka aortalna w przedstawianym materiale występowała u 23,1 % chorych bez różnicy w dystrybucji pomiędzy grupami. Obecnie poszerza się wachlarz wskazań do operacji oszczędzających zastawkę aortalną. Coraz częściej naprawie poddawana jest dwupłatkowa zastawka aortalna. Klotz i wsp. w swojej pracy wykazali, że w przypadku operacji VSARR, w drugiej dekadzie po zabiegu, ryzyko reoperacji było wyższe u pacjentów z naprawioną dwupłatkową zastawką aortalną w stosunku do zastawki trójpłatkowej [66]. Trzeba jednak zauważyć, że aż 12,5 % pacjentów z BAV wymagało użycia osierdzia do rekonstrukcji płatków w porównaniu do 0,8% pacjentów z zastawką trójpłatkową. To pozostaje w zgodzie z wynikami jednej z największych serii VSARR u pacjentów z BAV (Schneider i wsp.) gdzie z analizy materiału wynikało, że jedynie zwapnienia w płatkach i użycie osierdzia do rekonstrukcji zastawki to czynniki związane ze skróceniem czasu do reoperacji [67]. W analizowanych w tej pracy przypadkach nie używano osierdzia do rekonstrukcji płatków.

W przedstawionym materiale wykazano istotną statystycznie różnicę w odsetku procedur wykonanych jako reoperacja. Odsetek ten w grupie badanej wyniósł 16,2% natomiast w grupie kontrolnej 2,4%. Wydaje się, że jest to efekt tego, że chirurg wykonujący większość zabiegów w grupie badanej należał do zespołu specjalizującego się również w reoperacjach kardiochirurgicznych u dorosłych, stąd ta przewaga w analizowanej grupie.

Wszyscy chorzy przed operacją mieli wykonane badanie echokardiograficzne. Wraz ze wzrostem powszechności operacji plastyki zastawki aortalnej powstała konieczność standaryzacji badań echokardiograficznych – ich zakresu i stosowanego nazewnictwa – dla ułatwienia zaplanowania operacji jeszcze przed wejściem na salę operacyjną [48]. Badania bardzo często są wykonywane wielokrotnie, w regularnych odstępach. W związku z wytycznymi sugerującymi kwalifikację pacjentów bezobjawowych tylko w przypadku wystąpienia cech uszkodzenia lewej komory lub poszerzenia aorty wstępującej powyżej wymiaru granicznego, pozostają one

najważniejszym punktem takiego postępowania. Konieczne jest ujednoczenie opisów badań w ramach ustalonych standardów dla ułatwienia komunikacji pomiędzy kardiologiem i kardiochirurgiem. Umożliwia to wychwycenie momentu odpowiedniego do zaproponowania pacjentowi leczenia operacyjnego i jak wspomniano wcześniej – dokładnego zaplanowania zabiegu operacyjnego włączając określenie czy jest możliwość podjęcia próby wymiany opuszki aorty z zaoszczędzeniem własnej zastawki pacjenta.

U wszystkich pacjentów operowanych w naszym materiale w badaniu echokardiograficznym przezklatkowym wykazano poszerzenie aorty wstępującej i brak echokardiograficznych cech uszkodzenia lewej komory serca – zachowana frakcja wyrzutowa, bez istotnej rozstrzeni komory. Pomiędzy badanymi grupami nie wystąpiły w tym zakresie różnice istotne statystycznie. Porównano także stopień niedomykalności zastawki aortalnej w obu grupach. Wykazano istotną statystycznie różnicę dla wartości mediany w obu grupach. W grupie badanej zaobserwowano większy stopień niedomykalności zastawki - niedomykalność umiarkowana w porównaniu do łagodnej w grupie kontrolnej. We wszystkich przypadkach głównym wskazaniem do leczenia operacyjnego było poszerzenie aorty wstępującej.

W prezentowanej pracy ocena parametrów śródoperacyjnych objęła czas krążenia pozaustrojowego (ECC) i czas zakleszczenia aorty (CCT) oraz rozmiar użytej protezy naczyniowej. Analiza wymienionych czasów nie wykazała istotnych statystycznie różnic. Średnio krążenie pozaustrojowe w grupie badanej trwało ok. 190 min z czasem zaklemowania wynoszącym średnio ok. 158 minut, natomiast w grupie kontrolnej wartości te wyniosły odpowiednio ok. 199 i ok. 163 minuty. W metaanalizie Arabkhani i wsp. na podstawie danych z 22 prac czas ECC wyniósł 157 minut, czas zaklemowania 122 minuty [65]. W dostępnej literaturze spotykane są bardzo różne wartości, w zależności od doświadczenia zespołu a także od stosowanej metody. Generalnie uważa się metodę remodelingu opuszki za mniej czasochłonną. Potwierdzające wyniki uzyskał w swojej pracy Klotz i wsp. W grupie ok. 300 pacjentów uzyskał istotną statystycznie różnicę. W grupie pacjentów poddawanych zabiegom reimplantacji czas krążenia pozaustrojowego to średnio 218 minut przy 180 minutach czasu zaklemowania aorty, natomiast dla grupy remodelingu odpowiednio 177 i 134 minuty [66]. Potwierdzono to również w pracy przedstawiającej największy opublikowany dotychczas materiał z pojedynczego ośrodka w Polsce. Praca Gocoła i wsp. z ośrodka katowickiego porównuje wyniki odległe reimplantacji i remodelingu.

W przedstawionym materiale czas ECC wyniósł średnio 156 minut dla reimplantacji i 123 minuty dla remodelingu, przy czacie CCT odpowiednio 133,5 i 103 minut. Różnica pomiędzy metodami w dla obu parametrów była istotna statystycznie, a same wartości świadczą o dużym doświadczeniu zespołu [68]. Nie jest to jednak zależność uniwersalna. Różnice mogą się odwrócić na korzyść reimplantacji przy porównaniach międzyośrodkowych. W zespołach bardzo doświadczonych w zabiegach reimplantacji zastawki czasy te ulegają znacznemu skróceniu. Zespół T. David'a przedstawił materiał, w którym wartości te to odpowiednio 142 i 118 minut [58], natomiast DePaulis osiągnął wynik 128 i 108 minut [69]. Lansac i wsp, którzy wykonują procedurę analogiczną do stosowanej w grupie badanej przedstawili wyniki ze średnimi czasami zaklemowania ok. 145 minut [61]. W materiale Schäfers'a i zespołu u pacjentów poddawanych remodelingowi opuszki z anuloplastyką aortalną szwem okrężnym średnie czasy to 108 i 78 minut odpowiednio dla krążenia pozaustrojowego i zaklemowania aorty. Na podstawie podanych przykładów wydaje się, że bardziej istotne w skracaniu czasu operacji ma doświadczenie operatorów a nie rodzaj procedury. W niniejszej pracy brak różnic istotnych statystycznie działa na korzyść badanej metody, gdy weźmie się pod uwagę fakt wspomniany wcześniej, że większość zabiegów w grupie badanej wykonywał chirurg nabierający doświadczenia, natomiast grupa kontrolna to pacjenci operowani przez doświadczonych operatorów. Dodatkowo w grupie badanej przeanalizowano parametry ilościowe (czas) dla następujących po sobie operacji. Oceniając korelacje pomiędzy kolejnymi zabiegami a wartościami czasów ECC i CCT nie udowodniono istotności statystycznej, jednak współczynniki korelacji są ujemne. Świadczy to o obecności trendu do skracania badanych czasów wraz z kolejnymi zabiegami. Przyjmując, że wartości czasów ECC i CCT świadczą pośrednio o biegłości w wykonywaniu danej procedury, ujemny współczynnik korelacji wydaje się być zobrazowaniem krzywej uczenia. W celu wykazania istotności statystycznej konieczne byłoby zwiększenie badanej grupy.

Ostatnim śródoperacyjnym parametrem poddanym analizie był rozmiar użytej do zabiegu protezy naczyniowej. Mediana wymiaru protezy wykorzystywanej w grupie badanej (remodeling) wyniosła 28 mm, natomiast w grupie kontrolnej (reimplantacja) 30 mm. Różnice osiągnęły istotność statystyczną, czyli wykazano, że w grupie badanej używano mniejszych protez naczyniowych. Wyniki te znajdują potwierdzenie w literaturze. Średni rozmiar protezy używanej w pracy Lansac'a z metodą remodelingu to także 28 mm. Natomiast duże prace przedstawiające wyniki metody

reimplantacji (jak w grupie kontrolnej) również najczęściej wykorzystywały protezy o rozmiarze 30 mm [58], [68]. Różnica wynika z samej techniki operacyjnej. W metodzie remodelingu opuszki aorty proteza naczyniowa, odpowiednio wymodelowana, jest doszywana do pierścienia aortalnego (włókniste przyczepy płatków zastawki), natomiast wykonując operację reimplantacji musimy zmieścić całą zastawkę aortalną wraz z pozostałościami opuszki wewnątrz wybranej protezy, co wymusza nieco większy jej rozmiar.

Przedstawiana praca dotyczy uzyskiwanych wyników wczesnych porównywanych operacji. Najważniejszym parametrem oceniającym wynik operacji oszczędzających zastawkę aortalną jest stopień pooperacyjnej niedomykalności zastawki aortalnej. W grupie badanej łącznie 91,9% ocenianych chorych miało po operacji całkowicie szczelną zastawkę lub łagodną, nieistotną niedomykalność. W grupie kontrolnej odsetek ten wyniósł 90,2 %. Różnice były nieistotne statystycznie. Uzyskanego wyniku nie można odnieść do dostępnej literatury w sposób bezpośredni, ponieważ brak jest prac porównujących te metody. Dostępne są jedynie opracowania wyników operacji oszczędzających zastawkę aortalną zbiorczo, wykonywanych przez grupy badaczy, które często zawierają w sobie oba typy operacji. Większość prac ocenia wyniki odległe, bo to one mają kluczowe znaczenie dla pacjentów i dla oceny skuteczności metody jako takiej. Nie to było jednak celem tej pracy. Celem niniejszej pracy było wykazanie, że jest możliwe wprowadzenie do zastosowania nowej metody operacji, uzyskując porównywalny wynik wczesny w porównaniu z metodą używaną od dłuższego czasu. Ma na to pozwolić wprowadzona standaryzacja metody. Dodatkowym czynnikiem, który niejako wzmacnia pozytywny efekt takiego podejścia, miał być fakt wykonania większości zabiegów w grupie badanej przez kardiochirurga z doświadczeniem w operacjach Bentall'a, lecz bez wcześniejszego doświadczenia w zabiegach VSARR. Uzyskane wyniki w odniesieniu do stopnia rezydualnej pooperacyjnej niedomykalności aortalnej wydają się potwierdzać założoną tezę. Lansac i wsp. w swojej pracy przedstawiającej wyniki remodelingu opuszki z anuloplastyką aortalną zamieścili wynik badania echokardiograficznego przekłatkowego przy wypisie pacjenta ze szpitala. Brak niedomykalności lub niedomykalność I stopnia wykazano u 99,4% pacjentów [61]. W odniesieniu do reimplantacji zastawki aortalnej wczesne wyniki opisali Shrestha i wsp. – brak niedomykalności lub łagodna niedomykalność przy wypisie ze szpitala w 94,4% przypadków [70]. Kolejny najkrótszy interwał czasowy przedstawiający dokładne

wyniki co do stopnia niedomykalności pooperacyjnej udało się znaleźć w pracy David'a przedstawiającej wyniki 20-letnie. Jest to ocena po roku od operacji. Odsetek pacjentów z brakiem, śladową lub łagodną niedomykalnością zastawki aortalnej wyniósł 94,8% [58].

Pomimo uzyskania wyniku potwierdzającego założenie postawione w pracy, zwracał uwagę fakt, że różnice w stopniu niedomykalności zastawki aortalnej pomiędzy grupami przed operacją były statystycznie istotne, natomiast po operacji już nie. Nasuwa się od razu pytanie, czy może w którejś z grup stopień uzyskanej po operacji poprawy w tym zakresie jest większy. Po podziale wyników w obu grupach na dwie kategorie: poprawa oraz brak poprawy lub pogorszenie i analizie danych uzyskano wynik nieistotny statystycznie. Widoczny był jednak trend w kierunku możliwości uzyskania lepszych wyników w aspekcie zmniejszenia stopnia niedomykalności używając metody remodelingu opuszki aorty z zewnętrzną annuloplastyką aortalną – grupa badana. W związku z takim wynikiem, pogłębiono analizę. Sprawdzone w jakim stopniu poprawiła się szczelność zastawki aortalnej po operacji w obu grupach, z podziałem na podgrupy w zależności od stopnia przedoperacyjnej niedomykalności aortalnej. W grupie badanej uzyskano poprawę szczelności zastawki przeciętnie o 2 punkty w skali, natomiast w grupie kontrolnej przeciętnie o 1 punkt. Uzyskano istotność statystyczną. Tego wyniku również nie da się odnieść do literatury, ponieważ nikt do tej pory w ten sposób tego nie oceniał.

Pierwszym elementem procedury, który może mieć wpływ na uzyskany wynik jest pomiar wysokości efektywnej płatków aortalnych przy użyciu dedykowanego urządzenia - kaliper Schäfers'a. Lansac i wsp. w swojej kolejnej pracy porównują wyniki procedury przed i po wprowadzeniu jako standard pomiaru wysokości efektywnej płatków. Po wprowadzeniu zasady użycia wymienionego narzędzia przy każdej operacji naprawy zastawki aortalnej istotnie wzrosła ilość zabiegów korekcyjnych płatków aortalnych – plikacja wolnego brzegu. Od 32,9% w czasie używania oceny wzrokowej do 96,2% przy zastosowaniu dokładnych pomiarów. Ponadto odsetek pacjentów z 7-letnim okresem bez konieczności reoperacji wzrósł z $85,8 \pm 5,5\%$ do $98,9 \pm 1,1\%$ [27]. Należy przy tym wspomnieć, że obecnie w związku z wykazaną skutecznością pomiaru wysokości efektywnej płatków coraz częściej jest to element dołączany do zabiegu również przez zespoły preferujące metodę reimplantacji. W przedstawionym w tej pracy materiale w grupie kontrolnej podczas zabiegów reimplantacji nie stosowano jednak kalipera Schäfers'a. Korekcji podlegały

tylko płatki wyraźnie wypadające, nie zachowujące symetrii w porównaniu do sąsiadujących.

Drugim elementem techniki operacyjnej, który częściowo wydaje się być odpowiedzialny za poprawę kompetencji zastawki jest zewnętrzna annuloplastyka aortalna pierścieniem wykonanym z 5 mm fragmentu protezy naczyniowej użytej do remodelingu, która jak wyżej nadmieniono była istotnie mniejsza niż w grupie kontrolnej. Aicher i wsp. przedstawili pracę porównującą wyniki wczesne zabiegów rekonstrukcyjnych dwupłatkowej zastawki aortalnej, izolowanej lub z wymianą opuszki (remodeling), w zależności od wykonania lub niewykonania annuloplastyki aortalnej. Annuloplastyka wykonywana była u pacjentów z AVJ powyżej 27 mm za pomocą szwu okrężnego. Analiza wykazała, że procedura plastyki opuszki aorty po dodaniu procedury zmniejszenia pierścienia aortalnego istotnie zwiększyła odsetek chorych z całkowicie kompetentną zastawką lub jedynie ze śladową niedomykalnością bezpośrednio po operacji jak i 12 miesięcy później [26].

Jak wcześniej wielokrotnie wspomniano, zarówno remodeling opuszki z annuloplastyką aortalną zewnętrzną jak i reimplantacja zastawki aortalnej to metody operacyjne, w których jednym z elementów składających się na sukces operacji jest plastyka natywnego pierścienia aortalnego w obrębie łączy aortalno-komorowego (AVJ). Polega ona na jego zwężeniu lub chociaż stabilizacji na aktualnym poziomie – jeżeli nie jest poszerzony. Taka ingerencja niesie za sobą ryzyko spowodowania stenozy aortalnej ze wzrostem gradientu przez zastawkowy przy zbyt agresywnym podejściu operacyjnym. Obserwowane w opisywanych grupach gradienty przez zastawkowe nie miały znaczenia hemodynamicznego oraz nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami. Interesujące jest jednak, że w grupie pacjentów z wykonaną reimplantacją zastawki aortalnej, pomimo wykazanej różnicy w wielkości protezy na korzyść tej grupy, wartości gradientów, zarówno maksymalnego jak i średniego, były nieco wyższe. Wobec braku istotności statystycznej nie można się jednak posunąć do dalszego wnioskowania. Wartości średniego gradientu przez zastawkę aortalną wyniosły $9,08 \pm 4,11$ mmHg dla grupy badanej oraz $10,50 \pm 4,11$ dla grupy kontrolnej. Trudno jest znaleźć w literaturze dane do porównania, gdyż większość autorów skupia się jedynie na poziomie pooperacyjnej niedomykalności zastawki. Dane dotyczące gradientów przez zastawkowych nie są uwzględniane w analizie wczesnych wyników. Lansac i wsp. opublikowali dane dotyczące swojego wieloletniego materiału. W ich pracy średni gradient przez

zastawkę aortalną po operacji był podobny zarówno u pacjentów z zastawką trójpłatkową jak i dwupłatkową i wynosił $7,2\pm 2,7$ mmHg oraz $6,8\pm 2,8$ mmHg odpowiednio. W mojej pracy nie porównywałem grup z podziałem na morfologię zastawki aortalnej. Uzyskane wartości gradientów wykazały jednak, że niezależnie od zastosowanej metody, anuloplastyka aortalna nie powodowała patologicznego zwężenia zastawki.

Czas pobytu na oddziale pooperacyjnym w obu ocenianych grupach był podobny – nie wykazano istotności statystycznej. Wartość średnia dla grupy badanej jest jednak nieco wyższa w stosunku do grupy kontrolnej. W dostępnych w literaturze danych na ten temat, przeważa bardzo krótki czas pobytu w oddziale intensywnej terapii – około jednej doby [58], [69], [71]. Liebrich i wsp. w materiale 236 pacjentów z jednego ośrodka operowanych metodą David'a podają średni czas pobytu na POOP-ie $1,9\pm 2,1$ doby [72]. Wydaje się to istotnie krócej niż w niniejszej pracy, w której czasy te były jednak nieco wyższe: $4,65\pm 4,61$ doby dla grupy badanej oraz $3,20\pm 1,29$ doby dla grupy kontrolnej. Podobne wyniki prezentują Kallenbach i wsp. w swojej pracy przedstawiającej materiał 548 pacjentów operowanych z powodu tętniaka aorty wstępującej różnymi dostępnymi metodami. Średni czas pobytu w oddziale intensywnym wynosił 4 ± 5 dni, w tym 3 ± 4 dni dla pacjentów po zabiegu reimplantacji i 7 ± 8 dni dla pacjentów po operacji remodelingu [73]. W związku z zauważalną różnicą w czasie pobytu na oddziale pooperacyjnym pomiędzy większością prezentowanych w literaturze danych a badanym materiałem wykonano bardziej szczegółową analizę. Postanowiono sprawdzić czy czas pobytu pacjentów w oddziale pooperacyjnym zależał od kolejności zabiegu, która przekłada się na zaawansowanie wprowadzania procedury do zastosowania. Po podziale materiału na cztery grupy po 25% wg kolejności przeprowadzenia operacji uzyskano ujemną korelację pomiędzy czasem spędzonym przez pacjenta w oddziale intensywnej opieki a kolejnością zabiegu. Średni czas pobytu pacjenta na sali pooperacyjnej był istotnie dłuższy w fazie początkowej wprowadzania metody niż na późniejszych etapach. Czas ten istotnie skracał się wraz z liczbą wykonanych zabiegów. Pośrednio na czas spędzony przez pacjenta w oddziale intensywnej opieki może mieć wpływ m.in. sprawność wykonania zabiegu a co za tym idzie uraz operacyjny jakiemu poddany został chory. Uzyskany wynik można próbować zakwalifikować jako efekt krzywej uczenia. Taka interpretacja jest jednak obarczona licznymi ograniczeniami, z powodu mnogości czynników

mogących mieć wpływ na ten wynik.

W przedstawionym materiale żaden z pacjentów nie zmarł w ciągu 30 dni od operacji. W metaanalizie Arabkhani i wsp. na podstawie danych zbiorczych wczesna śmiertelność w operacjach oszczędzających zastawkę aortalną wyniosła 2,2%. W analizowanych 31 pracach wahała się w przedziale 0-7% [65]. Valo i wsp. przedstawili pracę na grupie 78 chorych, czyli liczebnością porównywalną do niniejszego zestawienia. Również nie odnotowali żadnego zgonu [71]. W pracach na znacznie większych grupach pacjentów wykazywano wczesną śmiertelność w przedziale 1,2 – 2,0 % [27], [58], [60], [62], [69]. Należy zauważyć, że dane te pochodzą m. in. z renomowanych ośrodków, a operacje były wykonywane przez zespoły o olbrzymim doświadczeniu. Wydaje się, że brak śmiertelności w przedstawianej grupie wynika z jej niewielkiej liczebności i prawidłowej funkcji lewej komory operowanych pacjentów.

W materiale przedstawionym przez Lansac'a i wsp. w pracy dotyczącej odległych wyników po operacjach z zewnętrzną annuloplastyką aortalną, zły wynik bezpośredni operacji z koniecznością drugiego wejścia w krążenie pozaustrojowe, zakończony wymianą zastawki aortalnej (AVR) miał miejsce u 3 pacjentów, co stanowiło 1,3% włączonej grupy [27]. W przedstawianym materiale, konieczność wymiany zastawki aortalnej po nieudanej naprawie w trakcie tego samego zabiegu wystąpiła u 2 chorych grupy badanej i 1 pacjenta grupy kontrolnej. Stanowiło to odpowiednio 5,6% i 2,4%. Różnice te nie osiągnęły istotności statystycznej. Warto przy okazji nadmienić, że wymiana zastawki aortalnej po zabiegu remodelingu z annuloplastyką jest technicznie prostsza niż po zabiegu reimplantacji i pozwala na wszczępienie większego rozmiaru zastawki dzięki możliwości usunięcia zewnętrznego pierścienia z AVJ. Nie jest to wynik pierwotnie pożądanym, jednak dający potencjalne korzyści odległe dla chorego.

Obecnie dzięki dołączeniu do klasycznej operacji metodą Yacoub'a plastyki pierścienia aortalnego, wskazania do obu rodzajów przedstawionych operacji są podobne. Jako podstawową różnicę wymienia się większe ryzyko krwawienia pooperacyjnego w przypadku remodelingu z powodu jednej warstwy szwów chirurgicznych. W operacji reimplantacji szycie jest dwuwarstwowe co ma mieć istotne znaczenie dla hemostazy. Nie znalazło to jednak potwierdzenia w niniejszej obserwacji. Różnice w odsetku konieczności reoperacji z powodu krwawienia pomiędzy grupami nie były istotne statystycznie i wyniosły 14,6% i 13,9% odpowiednio

dla grup kontrolnej i badanej. Gocoł i wsp. prezentują wyniki podobne w bezwzględnych wartościach do omawianych – 18,6% resternotomii z powodu krwawienia po operacji David'a i 11,6 % po operacji Yacoub'a. Wynik również nieistotny statystycznie jednak z widoczną różnicą a korzyść grupy drugiej [68]. W pracach zespołów David'a, DePaulis'a i Ouzounian przedstawiających wyniki po reimplantacji, reoperacji z powodu krwawienia poddano 6,7 – 8,7% chorych [58], [62], [69]. W pracach zespołów Lansac'a i Schäfers'a, czyli grup opracowujących metodę stosowaną w grupie badanej, krwawienie pooperacyjne występowało u 1,4-2,4% pacjentów [27], [60]. Jak widać różnice występujące w prezentowanych wynikach najbardziej doświadczonych grup, stosujących obie metody operacyjne, również zdają się nie potwierdzać wspomnianej tezy o jakoby wyższym ryzyku krwawienia przy zastosowaniu remodelingu.

Ostra pooperacyjna niewydolność nerek wymagająca czasowej terapii nerkozastępczej wystąpiła u 1 pacjenta w każdej z grup, co stanowiło 2,7% dla grupy badanej i 2,4% dla grupy kontrolnej. Gocoł i wsp opisali 1 przypadek niewydolności nerek, który wystąpił po operacji Yacoub'a (2%) przy braku przypadków po operacji David'a – brak istotności statystycznej [68]. Valo i wsp. w swojej pracy na porównywalnej ilościowo grupie pacjentów podają bardzo podobny wynik – 3% [71]. David w swojej 20 letniej obserwacji wykazał 2 chorych (0,6%), którzy wymagali terapii nerkozastępczej we wczesnym okresie pooperacyjnym [58].

Powikłania neurologiczne wystąpiły u 2 pacjentów grupy badanej (5,4%) oraz u żadnego z grupy kontrolnej. Różnica nie była istotna statystycznie. W pracy Gocoła i wsp. udar OUN wystąpił w 1,9% w grupie operacji David'a i 2,0% w grupie operacji Yacoub'a (po jednym pacjencie w każdej z grup) [68]. W dużej grupie Lansac'a i wsp. częstość powikłań neurologicznych wyniosła 2,7% [27]. Poza pracą z ośrodka śląskiego brak jest prac uwzględniających różnice pomiędzy stosowanymi metodami operacyjnymi. Przy przeliczeniu na cały przedstawiony materiał, odsetek chorych z powikłaniami neurologicznymi w naszej grupie to 2,6%, co daje bardzo podobny wynik jak w dostępnym piśmiennictwie. Zbliżoną wartość - 3% - podają Valo i wsp. w swojej pracy na porównywalnej grupie chorych [71]. Powikłania neurologiczne w podobnym odsetku mogą wystąpić po wszystkich operacjach kardiochirurgicznych w krążeniu pozaustrojowym.

Wśród pacjentów grupy badanej istotnie częściej występowało pooperacyjne migotanie przedsionków. Wystąpiło ono u 27% operowanych chorych grupy badanej

i 7,3% chorych grupy kontrolnej. Trudno wyjaśnić uzyskaną różnicę. Również na tle dostępnej literatury. W prezentowanych pracach częstość pooperacyjnego migotania przedsionków kształtowała się na poziomie od 18,9% [62], przez 22,5% [58], 24% [69] do 24,7% [27].

IX. WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników wysnuto następujące wnioski:

1. Wprowadzenie standaryzacji w postaci śródoperacyjnych pomiarów elementów kompleksu aortalnego w operacjach remodelingu opuszki pozwala na szybkie wprowadzenie do zastosowania nowszej metody operacyjnej z wynikami wczesnymi porównywalnymi do uzyskiwanych metodą tradycyjną.
2. Zmniejszenie stopnia niedomykalności zastawki aortalnej w metodzie badanej w większym stopniu niż w metodzie kontrolnej może być związane z zastosowaniem mniejszej protezy naczyniowej, której fragment jest wykorzystywany do zewnętrznej annuloplastyki aortalnej.
3. Użycie mniejszej protezy naczyniowej w metodzie badanej nie powoduje występowania wyższych niż w metodzie kontrolnej gradientów przez zachowaną zastawkę aortalną – nie stwierdzono ryzyka wygenerowania stenozы aortalnej we wczesnym okresie pooperacyjnym.

X. STRESZCZENIE

WSTĘP: Niedomykalność zastawki aortalnej to wada zastawkowa serca stanowiąca 13-21% istotnych wad zastawkowych. W przypadku, gdy pierwotną patologią prowadzącą do rozwoju niedomykalności aortalnej jest poszerzenie opuszki aorty lub aorty wstępującej, zabieg operacyjny poza interwencją na samej zastawce musi obejmować dodatkowo wycięcie poszerzonego odcinka aorty i jego wymianę na protezę naczyniową. W opisanej sytuacji sama zastawka aortalna najczęściej nie jest zmieniona – płatki mają prawidłową budowę. Wycięcie „zdrowej” zastawki i jej wymiana na zastawkę mechaniczną lub biologiczną wynikająca z metody operacyjnej, jest dla pacjenta okaleczeniem. Pacjent zostaje w takim przypadku wciągnięty do grupy narażonej na powikłania związane z protezą zastawkową. Zagadnienie to pozostawało i do dziś pozostaje w centrum zainteresowań kardiochirurgów specjalizujących się w chirurgii zastawki aortalnej. Doprowadziło to do stworzenia metod wymiany poszerzonej aorty z zachowaniem własnej zastawki aortalnej pacjenta. Praca analizuje wczesne wyniki dwóch metod wymiany poszerzonej aorty z zachowaniem i plastyką własnej zastawki aortalnej pacjenta – nowo wprowadzaną modyfikowaną metodę Yacoub’a i tradycyjnie stosowaną metodę David’a.

CEL PRACY: Celem pracy jest ocena wczesnych wyników remodelingu opuszki aorty z zewnętrzną annuloplastyką aortalną jako metody nowo wprowadzanej. Główne pytanie, na które postanowiono uzyskać odpowiedź, brzmi: czy zastosowanie wypracowanych przez innych badaczy metod standaryzujących procedurę, po krótkim szkoleniu, pozwala na uzyskanie wyników wczesnych porównywalnych z metodą operacyjną stosowaną do tej pory, wymagającą wieloletniego doświadczenia.

Dane dostępne w literaturze, donoszą o wykorzystaniu mniejszej protezy naczyniowej we wprowadzanej metodzie w porównaniu do metody stosowanej do tej pory. Podjęto próbę oceny wpływu tego faktu na stopień poprawy funkcji zastawki aortalnej po operacji. Mniejszy wymiar protezy może przyczynić się do poprawy koaptacji płatków zastawki aortalnej. Celem była ocena wpływu użycia mniejszej protezy opuszki aorty na zmniejszenie niedomykalności zastawki po zabiegu.

Jednocześnie, użycie mniejszej protezy naczyniowej wymusza wykorzystanie mniejszego zewnętrznego pierścienia stabilizującego łącze aortalno-komorowe. Praca ma odpowiedzieć na pytanie o ryzyko wygenerowania pooperacyjnej stenozы aortalnej w grupie badanej.

MATERIAŁ I METODY: Badanie obejmuje 78 pacjentów operowanych w Klinice Kardiochirurgii i Transplantologii Instytutu Kardiologii w Warszawie w latach 2012 – 2018 oraz Klinice Kardiochirurgii USK w Białymstoku w latach 2019 – 2020. Dane zebrano i analizowano retrospektywnie. Pacjentów podzielono na dwie grupy. Kryterium różnicującym była zastosowana technika operacyjna – modyfikowana metoda Yacoub'a w grupie badanej i metoda David'a w grupie kontrolnej.

Grupa badana obejmuje pacjentów operowanych w okresie od 27.09.2016 do 14.01.2020 – 37 chorych, u których wykonano remodeling opuszki aorty ze stabilizacją pierścienia aortalnego i plastyką zastawki aortalnej. W grupie było 8 kobiet i 29 mężczyzn w wieku od 25 do 74 lat, średnio 50,62 lat. Grupa kontrolna to 41 pacjentów operowanych w okresie od 02.07.2012 do 04.12.2019. U pacjentów z grupy kontrolnej wykonano operację David'a – reimplantacja zastawki aortalnej. Grupa zawierała 9 kobiet i 32 mężczyzn w wieku od 16 do 72 lat, średnio 45,20 lat.

Wszyscy pacjenci zostali zakwalifikowani do operacji wymiany opuszki aorty z zachowaniem własnej zastawki aortalnej. Pacjenci grupy badanej operowani byli metodą remodelingu opuszki aorty z zewnętrzną annuloplastyką pierścienia aortalnego, gdy zachodziła konieczność wykonywano również plastykę zastawki aortalnej – plikacja centralna wolnego brzegu płatków. Pacjenci grupy kontrolnej byli operowani metodą reimplantacji zastawki aortalnej. Również w przypadku konieczności, wykonywano plastykę zastawki – centralna plikacja wolnego brzegu płatków.

Obie grupy objęte badaniem podlegały echokardiograficznej ocenie przedoperacyjnej, śródoperacyjnej i pooperacyjnej. Badania przed i po operacji były badaniami przezklatkowymi, badanie śródoperacyjne to badanie przezprzetykowe u znieczulonego pacjenta, obejmowało zarówno ocenę przed rozpoczęciem krążenia pozaustrojowego jak i po jego zakończeniu. Pierwsza część badania przezprzetykowego miała na celu ocenę anatomii i potwierdzenie lub ustalenie dokładnej etiologii wady, druga część to ocena wykonanej naprawy.

WYNIKI: Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupami w zakresie wieku i płci. W grupie badanej istotnie częściej występowały pacjenci z objawami klinicznymi

na poziomie NYHA II lub wyższym. Większość ocenianych przedoperacyjnie parametrów echokardiograficznych nie różniła się pomiędzy grupami. Istotność statystyczną osiągnął jedynie stopień przedoperacyjnej niedomykalności aortalnej. Mediana dla grupy badanej to niedomykalność umiarkowana, natomiast dla grupy kontrolnej – łagodna. Nie było różnic w czasach krążenia pozaustrojowego i zakleszczenia aorty pomiędzy grupami. Wykazano natomiast istotną statystycznie różnicę w wymiarze użytej do zabiegu protezy naczyniowej. W grupie badanej najczęściej używano protezy 28 mm, natomiast w grupie kontrolnej 30 mm. Stopień niedomykalności aortalnej pooperacyjnej nie różnił się pomiędzy chorymi operowanymi różnymi metodami. Istotność statystyczną osiągnął natomiast obliczony stopień poprawy po zabiegu pomiędzy grupami. W grupie osób operowanych metodą badaną zmniejszenie niedomykalności było istotnie większe (przeciętnie o 2 punkty skali) niż w grupie kontrolnej (przeciętnie o 1 punkt). W związku z wynikającą z techniki operacyjnej ingerencją w szerokość pierścienia aortalnego zbadano wartości gradientów maksymalnych i średnich przez zastawkę aortalną w pooperacyjnym badaniu echokardiograficznym. Nie było istotnych różnic gradientu przez zastawkę aortalną pomiędzy grupami. Wartości średnie obu parametrów są nieco wyższe u pacjentów grupy kontrolnej (reimplantacja) pomimo wykazanej wcześniej różnicy dotyczącej rozmiaru stosowanych protez naczyniowych na korzyść tej grupy chorych. Uzyskane wartości gradientów przez zastawkę nie miały jednak znaczenia hemodynamicznego, technika operacyjna nie powodowała stenozы aortalnej. W obu badanych grupach nie odnotowano zgonu wewnątrzszpitalnego. Konieczność wczesnej wymiany zastawki aortalnej z powodu nieudanej naprawy wystąpiła u dwóch pacjentów grupy badanej i jednego grupy kontrolnej – nie wykazano istotności statystycznej. Podobna była częstość reoperacji z powodu krwawienia, mimo że technika operacji mogłaby sugerować większe ryzyko krwawienia w grupie pacjentów z remodelingiem – jedna linia szwów, w porównaniu z dwiema liniami w przypadku reimplantacji. Pooperacyjna niewydolność nerek wymagająca terapii nerkozastępczej wystąpiła u jednego pacjenta w każdej z ocenianych grup. Nie było istotnych statystycznych różnic w występowaniu powikłań neurologicznych pod postacią udaru ośrodkowego układu nerwowego. Badane grupy nie różniły się również pod względem wystąpienia pooperacyjnego rozejścia mostka. Istotną różnicę pomiędzy dwiema badanymi grupami wykazano w przypadku występowania pooperacyjnego napadowego migotania przedsionków. Napadowe migotanie przedsionków wystąpiło

u 10 pacjentów (27 %) z grupy chorych operowanych metodą remodelingu opuszki i u 3 pacjentów (7,3 %) po operacji David'a.

WNIOSKI: Na podstawie uzyskanych wyników wysnuto następujące wnioski:

1. Wprowadzenie standaryzacji w postaci śródoperacyjnych pomiarów elementów kompleksu aortalnego w operacjach remodelingu opuszki pozwala na szybkie wprowadzenie do zastosowania nowszej metody operacyjnej z wynikami wczesnymi porównywalnymi do uzyskiwanych metodą tradycyjną.
2. Zmniejszenie stopnia niedomykalności zastawki aortalnej w metodzie badanej w większym stopniu niż w metodzie kontrolnej może być związane z zastosowaniem mniejszej protezy naczyniowej, której fragment jest wykorzystywany do zewnętrznej anuloplastyki aortalnej.
3. Użycie mniejszej protezy naczyniowej w metodzie badanej nie powoduje występowania wyższych niż w metodzie kontrolnej gradientów przez zachowaną zastawkę aortalną - nie stwierdzono ryzyka wygenerowania stenozы aortalnej we wczesnym okresie pooperacyjnym.

XI. ABSTRACT

INTRODUCTION: Aortic regurgitation is a valvular heart disease that accounts for 13-21% of significant valvular diseases. If the primary lesion leading to the development of aortic regurgitation is the dilatation of the aortic root or the ascending aorta, the surgical procedure, apart from intervention on the valve itself, must additionally include excision of the dilated aortic segment and its replacement with a vascular prosthesis. In such situation, the aortic valve leaflets are usually normal – with no structural changes. Excision of a "healthy" valve and its replacement with a mechanical or biological valve resulting from the surgical method is a kind of injury for the patient. In such a case, the patient is included in the group exposed to the valve-related complications. It remains to be one of the most important issues for cardiac surgeons specializing in aortic valve surgery and has led to the development of valve sparing aortic root replacement operations.

AIM OF THE STUDY: The aim of the study is to assess the early results of aortic root remodeling with external aortic annuloplasty as a newly introduced method. The main question is whether the use of methods standardizing the procedure developed by other researchers, allows to obtain early results comparable to the operating method used so far. Is it possible after a short training, considering the other technique required many years of experience?

The data in the literature report the use of a smaller size of vascular prosthesis for surgery with the introduced method compared to the reimplantation procedure used so far. An attempt was made to assess if there is an improvement in the function of the aortic valve after surgery because of that fact. The smaller size of the prosthesis may improve the coaptation of the aortic valve leaflets. The aim was to evaluate the effect of using a smaller aortic root prosthesis on the reduction of valve regurgitation after surgery.

At the same time, the use of a smaller vascular prosthesis requires the use of a smaller outer ring to stabilize the aorto-ventricular junction. The work is to answer the question about the risk of generating postoperative aortic stenosis in the study group.

MATERIAL AND METHODS: 78 patients were included in the study. Surgeries were performed at the Department of Cardiac Surgery and Transplantology of the Institute of Cardiology in Warsaw in 2012-2018 and the Department of Cardiac Surgery

of the University Hospital in Białystok in 2019-2020. Data were collected and analyzed retrospectively. The patients were divided into two groups. The only differentiating criterion was the type of the surgical procedure – modified Yacoub procedure in the study group and David procedure in the control group.

The study group includes patients operated on from 27/09/2016 to 14/01/2020 - 37 patients who underwent remodeling of the aortic root with stabilization of the aortic annulus and aortic valve repair. The group consisted of 8 women and 29 men aged 25 to 74, mean age 50.62. The control group consists of 41 patients operated on in the period from 02/07/2012 to 04/12/2019. Patients in the control group underwent David's surgery - reimplantation of the aortic valve. The group consisted of 9 women and 32 men aged 16 to 72 years, mean 45.20 years.

All patients were candidates for valve sparing aortic root replacement. The patients in the study group were treated using the method of aortic root remodeling with external aortic annuloplasty, and when necessary, aortic valve repair - central plication of the cusp free margin. In the control group the aortic valve reimplantation was performed and if necessary, valve repair as well - the central plication of the cusp free margin.

Both study groups underwent echocardiographic preoperative, intraoperative and postoperative evaluation. The pre- and postoperative examinations were transthoracic examinations, the intraoperative examination was a transesophageal examination in an anesthetized patient, and included both pre- and postprocedural assessment. The first part of the transesophageal examination was to assess the anatomy and confirm or establish the primary lesion of the aortic complex, the second part is to assess the repair of the valve.

RESULTS: There were no significant differences between the groups in terms of age and sex. Patients with clinical symptoms of NYHA II or higher were significantly more frequent in the study group. Most of the preoperative echocardiographic parameters did not differ between the groups. Only the difference in the degree of preoperative aortic regurgitation was statistically significant. In the study group the median was moderate regurgitation, while for the control group - mild. There were no differences in extracorporeal circulation and cross clamp times between the groups. However, the difference in the dimensions of the vascular prosthesis used for the procedure in both groups reached the significance level. In the study group 28 mm aortic grafts were used for the majority of patients, while in the control group 30 mm grafts. The degree of postoperative aortic regurgitation did not differ between patients

operated with both methods. On the other hand, the calculated degree of improvement between groups after the treatment was statistically significant. In the group of patients with remodeling, the reduction in regurgitation was significantly greater (on average by 2 points on the scale) than in the reimplantation group (on average by 1 point). Both surgical techniques used in this study require some kind of intervention in the width of the aortic ring. In the two groups the maximum and mean aortic valve gradients were examined in postoperative echocardiography. There were no significant differences in gradients between groups. The mean values of both parameters are slightly higher in the control group (reimplantation) despite the previously demonstrated difference in the size of the used vascular grafts in favor of this group. However, the obtained values of transvalvular gradients had no haemodynamic significance, and the surgical technique did not cause aortic stenosis. No in-hospital deaths were recorded in both groups. The need for early replacement of the aortic valve due to unsuccessful repair occurred in two patients in the study group and one in the control group – statistically non-significant. The reoperations rates for bleeding were similar, although the surgical technique might suggest a higher bleeding risk in the group of patients with remodeling - one suture line, compared to two lines for reimplantation. Postoperative renal failure requiring renal replacement therapy occurred in one patient in each of the groups. There were no statistically significant differences in the incidence of neurological complications. The study groups also did not differ in terms of the occurrence of postoperative sternal dehiscence. A significant difference between the two studied groups was demonstrated for the occurrence of post-operative atrial fibrillation. It occurred in 10 patients (27%) from the group of patients operated on with the root remodeling method and in 3 patients (7.3%) after David's surgery.

CONCLUSIONS: After analysis of the obtained results, the following conclusions were drawn:

1. The use of intraoperative measurements of the elements of the aortic complex in aortic root remodeling as a form of standardization of the procedure allows for a quick introduction of a newer surgical method with early results comparable to those obtained with the traditional method.
2. Greater reduction of the degree of aortic regurgitation in the study method than in the control method may be associated with the use of a smaller vascular prosthesis, a fragment of which is used for external aortic annuloplasty.

3. The use of a smaller vascular prosthesis in the study method does not cause the higher aortic gradients than in the control method – there is no risk of early postoperative aortic stenosis

XII. PIŚMIENICTWO

- [1] G. Z. Lasota B, Pysz P, Jasiński M, “Niedomykalność aortalna – trudna wada,” *Kardiologia po Dyplomie*. <https://podyplomie.pl/kardiologia/17801,niedomykalnosc-aortalna-trudna-wada> (accessed Jul. 04, 2020).
- [2] Alec Vahanian *et al.* ESC/EACTS Scientific Document Group, 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease: Developed by the Task Force for the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), *European Heart Journal*, 2021;, ehab395, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab395>
- [3] Otto *et al.*, “2020 ACC/AHA guideline for the management of patients with valvular heart disease. *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 77, no.4, pp. e25-197, 2021, doi:10.1016/j.jacc.2020.11.018
- [4] H. Bentall and A. de Bono, “A technique for complete replacement of the ascending aorta.,” *Thorax*, vol. 23, no. 4, pp. 338–339, 1968, doi: 10.1136/thx.23.4.338.
- [5] K. Hammermeister, G. K. Sethi, W. G. Henderson, F. L. Grover, C. Oprian, and S. H. Rahimtoola, “Outcomes 15 years after valve replacement with a mechanical versus a bioprosthetic valve: Final report of the Veterans Affairs randomized trial,” *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 36, no. 4, pp. 1152–1158, 2000, doi: 10.1016/S0735-1097(00)00834-2.
- [6] T. E. David and C. M. Feindel, “An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta,” *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 103, no. 4, pp. 617–622, 1992, doi: 10.1016/s0022-5223(19)34942-6.
- [7] M. A. I. Sarsam and M. Yacoub, “Remodeling of the aortic valve anulus,” *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 105, no. 3, pp. 435–438, 1993, doi: 10.1016/s0022-5223(19)34225-4.
- [8] A. Mathur, V. Mohan, D. Ameta, B. Gaurav, and P. Haranahalli, “Aortic aneurysm,” *Journal of Translational Internal Medicine*, vol. 4, no. 1, pp. 35–41, Apr. 2016, doi: 10.1515/jtim-2016-0008.
- [9] G. A. Kuzmik, A. X. Sang, and J. A. Elefteriades, “Natural history of thoracic aortic aneurysms,” *Journal of Vascular Surgery*, vol. 56, no. 2, pp. 565–571, 2012, doi: 10.1016/j.jvs.2012.04.053.
- [10] R. Erbel *et al.*, “2014 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases,” *European Heart Journal*, vol. 35, no. 41, pp. 2873–2926, 2014, doi: 10.1093/eurheartj/ehu281.
- [11] M. A. Coady *et al.*, “What is the appropriate size criterion for resection of thoracic aortic aneurysms?,” *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 113, no. 3, pp. 476–491, 1997, doi: 10.1016/S0022-5223(97)70360-X.
- [12] W. A. Zoghbi *et al.*, “ASE GUIDELINES AND STANDARDS Recommendations for Noninvasive Evaluation of Native Valvular Regurgitation A Report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance,” *Journal of the American Society of Echocardiography*, vol. 30, pp. 303–371, 2017, doi: 10.1016/j.echo.2017.01.007.
- [13] P. Lancellotti *et al.*, “Recommendations for the echocardiographic assessment of native valvular regurgitation: an executive summary from the European Association of Cardiovascular Imaging,” doi: 10.1093/ehjci/jet105.

- [14] A. STARR, V. MENASHE, and C. DOTTER, "Surgical correction of aortic insufficiency associated with ventricular septal defect.," *Surgery, gynecology & obstetrics*, vol. 111, pp. 71–76, Jul. 1960.
- [15] F. C. SPENCER, H. T. BAHNSON, and C. A. NEILL, "The treatment of aortic regurgitation associated with a ventricular septal defect," *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, vol. 43, pp. 222–233, 1962, doi: 10.1016/S0022-5223(19)32528-0.
- [16] G. A. Trusler, C. A. F. Moes, and B. S. L. Kidd, "Repair of ventricular septal defect with aortic insufficiency," *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 66, no. 3, pp. 394–403, 1973, doi: 10.1016/s0022-5223(19)39797-1.
- [17] C. Cabrol, A. Cabrol, G. Guiraudon, and M. Bertrand, "[Treatment of aortic insufficiency by means of aortic annuloplasty].," *Archives des maladies du coeur et des vaisseaux*, vol. 59, no. 9, pp. 1305–12, 1966, Accessed: Jul. 04, 2020. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4961576/>.
- [18] C. Duran, N. Kumar, B. Gometza, and Z. al Halees, "Indications and limitations of aortic valve reconstruction," *The Annals of Thoracic Surgery*, vol. 52, no. 3, pp. 447–454, 1991, doi: 10.1016/0003-4975(91)90904-5.
- [19] D. M. Cosgrove, E. R. Rosenkranz, W. G. Hendren, J. C. Bartlett, and W. J. Stewart, "Valvuloplasty for aortic insufficiency," *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 102, no. 4, pp. 571–577, 1991, doi: 10.1016/s0022-5223(20)31429-x.
- [20] C. D. Fraser Jr. and D. M. Cosgrove 3rd, "Surgical techniques for aortic valvuloplasty," *Texas Heart Institute Journal*, vol. 21, no. 4, pp. 305–309, 1994, Accessed: Jul. 04, 2020. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7888807>.
- [21] G. el Houry and L. de Kerchove, "Principles of aortic valve repair," *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 145, no. 3 SUPPL., 2013, doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.11.071.
- [22] C. Bleakley, M. Eskandari, and M. Monaghan, "3D transoesophageal echocardiography in the TAVI sizing arena: Should we do it and how do we do it?," *Echo Research and Practice*, vol. 4, no. 1. BioScientifica Ltd., pp. R21–R32, Mar. 01, 2017, doi: 10.1530/ERP-16-0041.
- [23] G. el Houry *et al.*, "Functional classification of aortic root/valve abnormalities and their correlation with etiologies and surgical procedures," *Current Opinion in Cardiology*, vol. 20, no. 2. Curr Opin Cardiol, pp. 115–121, Mar. 2005, doi: 10.1097/01.hco.0000153951.31887.a6.
- [24] M. Boodhwani *et al.*, "Repair-oriented classification of aortic insufficiency: Impact on surgical techniques and clinical outcomes," *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 137, no. 2, pp. 286–294, 2009, doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.08.054.
- [25] E. Lansac *et al.*, "A lesional classification to standardize surgical management of aortic insufficiency towards valve repair," *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, vol. 33, no. 5, pp. 872–878, 2008, doi: 10.1016/j.ejcts.2007.12.033.
- [26] D. Aicher, U. Schneider, W. Schmied, T. Kunihara, M. Tochii, and H. J. Schäfers, "Early results with annular support in reconstruction of the bicuspid aortic valve," *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 145, no. 3 SUPPL., pp. 30–34, 2013, doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.11.059.
- [27] E. Lansac *et al.*, "Long-term results of external aortic ring annuloplasty for aortic valve repair," *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, vol. 50, no. 2, pp. 350–360, 2016, doi: 10.1093/ejcts/ezw070.

- [28] A. Beck, M. J. Thubrikar, and F. Robicsek, "Stress analysis of the aortic valve with and without the sinuses of Valsalva," *Journal of Heart Valve Disease*, vol. 10, no. 1, pp. 1–11, 2001, Accessed: Jul. 04, 2020. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11206754/>.
- [29] M. Boodhwani, L. de Kerchove, D. Glineur, and G. el Khoury, "A simple method for the quantification and correction of aortic cusp prolapse by means of free margin plication," *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 139, no. 4, pp. 1075–1077, Apr. 2010, doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.04.037.
- [30] L. de Kerchove *et al.*, "Repair of aortic leaflet prolapse: a ten-year experience," *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, vol. 34, no. 4, pp. 785–791, 2008, doi: 10.1016/j.ejcts.2008.06.030.
- [31] R. Álvarez-Cabo, "Sparing aortic valve techniques," *Journal of Thoracic Disease*, vol. 9, no. 10, pp. S526–S532, 2017, doi: 10.21037/jtd.2017.03.94.
- [32] H. F. Lausberg, D. Aicher, F. Langer, and H. J. Schäfers, "Aortic valve repair with autologous pericardial patch," *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, vol. 30, no. 2, pp. 244–249, Aug. 2006, doi: 10.1016/j.ejcts.2006.04.031.
- [33] A. Harky, A. Antoniou, C. Howard, L. Rimmer, M. U. Ahmad, and M. Bashir, "Valve sparing aortic root surgery: from revolution to evolution?," *Journal of Visualized Surgery*, vol. 5, no. 5, pp. 14–14, 2019, doi: 10.21037/jovs.2019.01.11.
- [34] R. G. Leyh, C. Schmidtke, H. H. Sievers, and M. H. Yacoub, "Opening and closing characteristics of the aortic valve after different types of valve-preserving surgery," *Circulation*, vol. 100, no. 21, pp. 2153–2160, 1999, doi: 10.1161/01.CIR.100.21.2153.
- [35] D. Tian, M. Rahnavardi, and T. D. Yan, "Aortic valve sparing operations in aortic root aneurysms : remodeling or reimplantation?," vol. 2, no. 1, pp. 44–52, 2013, doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.01.14.
- [36] E. Lansac *et al.*, "Valve sparing root replacement: the remodeling technique with external ring annuloplasty.," *Annals of cardiothoracic surgery*, vol. 2, no. 1, pp. 117–11723, 2013, doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.01.15.
- [37] R. Fries *et al.*, "In vitro comparison of aortic valve movement after valve-preserving aortic replacement," *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 132, no. 1, pp. 32–37, 2006, doi: 10.1016/j.jtcvs.2006.02.034.
- [38] P. P. Urbanski, "Valve-sparing aortic root repair with patch technique," *Annals of Thoracic Surgery*, vol. 80, no. 3, pp. 839–843, 2005, doi: 10.1016/j.athoracsur.2004.12.036.
- [39] P. P. Urbanski *et al.*, "Patient-tailored aortic root repair in adult marfanoid patients: Surgical considerations and outcomes," *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 155, no. 1, pp. 43-51.e1, 2018, doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.05.108.
- [40] P. J. Hess, C. T. Klodell, T. M. Beaver, and T. D. Martin, "The Florida Sleeve: A New Technique for Aortic Root Remodeling With Preservation of the Aortic Valve and Sinuses," 2005, doi: 10.1016/j.athoracsur.2004.02.092.
- [41] P. J. Hess *et al.*, "Early Outcomes Using the Florida Sleeve Repair for Correction of Aortic Insufficiency due to Root Aneurysms," 2009, doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.01.016.
- [42] M. Boodhwani, G. el Khoury, and L. de Kerchove, "Graft sizing for aortic valve sparing surgery.," *Annals of cardiothoracic surgery*, vol. 2, no. 1, pp. 140–143, 2013, doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.01.13.
- [43] G. Marom, R. Haj-Ali, M. Rosenfeld, H. J. Schäfers, and E. Raanani, "Aortic root numeric model: Correlation between intraoperative effective height and diastolic coaptation," *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 145, no. 1, pp. 303–304, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.08.043.

- [44] U. Schneider, D. Aicher, Y. Miura, and H. J. Schäfers, “Suture Annuloplasty in Aortic Valve Repair,” *Annals of Thoracic Surgery*, vol. 101, no. 2, pp. 783–785, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.07.068.
- [45] H. J. Schäfers, B. Bierbach, and D. Aicher, “A new approach to the assessment of aortic cusp geometry,” *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 132, no. 2, pp. 436–438, Aug. 2006, doi: 10.1016/j.jtcvs.2006.04.032.
- [46] H.-J. Schäfers and D. Aicher, “Root remodeling for aortic root dilatation,” *Annals of cardiothoracic surgery*, vol. 2, no. 1, pp. 113–116, 2013, doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.01.06.
- [47] J. Vojáček, P. Žáček, and J. Dominik, “Aortic valve repair and valve sparing procedures,” *Cor et Vasa*, vol. 59, no. 1. Elsevier Science B.V., pp. e77–e84, Feb. 01, 2017, doi: 10.1016/j.crvasa.2017.01.025.
- [48] A. Berrebi, J. L. Monin, and E. Lansac, “Systematic echocardiographic assessment of aortic regurgitation-what should the surgeon know for aortic valve repair?,” *Annals of Cardiothoracic Surgery*, vol. 8, no. 3, pp. 331–341, May 2019, doi: 10.21037/acs.2019.05.15.
- [49] E. Lansac and L. de Kerchove, “Aortic valve repair techniques: State of the art,” *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, vol. 53, no. 6. pp. 1101–1107, 2018, doi: 10.1093/ejcts/ezy176.
- [50] P. Lipiec *et al.*, “OPINIE, KONSENSUSY, STANOWISKA EKSPERTÓW / EXPERTS’ OPINIONS AND POSITION PAPERS Echokardiograficzne badanie przezklatkowe u dorosłych-wytyczne Sekcji Echokardiografii Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego Transthoracic echocardiography in adults-guideli,” *Kardiologia Polska*, vol. 76, pp. 488–493, 2018, doi: 10.5603/KP.2018.0051.
- [51] A. Carpentier, “Cardiac valve surgery: The ‘French correction,’” *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 86, no. 3, pp. 323–337, Sep. 1983, doi: 10.1016/S0022-5223(19)39144-5.
- [52] M. Boodhwani and G. el Khoury, “Aortic valve repair,” *Operative Techniques in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 14, no. 4, pp. 266–280, 2009, doi: 10.1053/j.optechstcvs.2009.11.002.
- [53] R. M. Suri and H. v. Schaff, “Aortic valve repair: Defining the patient population and timing of the intervention,” *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 148, no. 6, pp. 2477–2478, 2014, doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.10.020.
- [54] R. O. Bonow, E. Lakatos, B. J. Maron, and S. E. Epstein, “Serial long-term assessment of the natural history of asymptomatic patients with chronic aortic regurgitation and normal left ventricular systolic function,” *Circulation*, vol. 84, no. 4, pp. 1625–1635, 1991, doi: 10.1161/01.CIR.84.4.1625.
- [55] C. M. Otto, “Timing of aortic valve surgery,” *Heart*, vol. 84, no. 2, pp. 211–218, 2000.
- [56] J. S. Borer and R. O. Bonow, “Contemporary Approach to Aortic and Mitral Regurgitation,” *Circulation*, vol. 108, no. 20, pp. 2432–2438, Nov. 2003, doi: 10.1161/01.CIR.0000096400.00562.A3.
- [57] P. Tornos, A. Sambola, G. Permanyer-Miralda, A. Evangelista, Z. Gomez, and J. Soler-Soler, “Long-term outcome of surgically treated aortic regurgitation: Influence of guideline adherence toward early surgery,” *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 47, no. 5, pp. 1012–1017, 2006, doi: 10.1016/j.jacc.2005.10.049.
- [58] T. E. David, C. M. David, C. M. Feindel, and C. Manlihot, “Reimplantation of the aortic valve at 20 years,” *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 153, no. 2, pp. 232–238, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.10.081.

- [59] S. Mastrobuoni *et al.*, “Long-term experience with valve-sparing reimplantation technique for the treatment of aortic aneurysm and aortic regurgitation,” doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.10.155.
- [60] H. J. Schäfers *et al.*, “Reexamining remodeling,” *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 149, no. 2, pp. S30–S36, Feb. 2015, doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.09.048.
- [61] E. Lansac *et al.*, “Remodeling root repair with an external aortic ring annuloplasty,” *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 153, no. 5, pp. 1033–1042, 2017, doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.12.031.
- [62] M. Ouzounian, C. M. Feindel, C. Manlhiot, C. David, and T. E. David, “Valve-sparing root replacement in patients with bicuspid versus tricuspid aortic valves,” *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 158, no. 1, pp. 1–9, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.10.151.
- [63] J. P. Singh *et al.*, “Prevalence and clinical determinants of mitral, tricuspid, and aortic regurgitation (The Framingham Heart Study),” *American Journal of Cardiology*, vol. 83, no. 6, pp. 897–902, Mar. 1999, doi: 10.1016/S0002-9149(98)01064-9.
- [64] M. H. Yacoub, P. Gehle, V. Chandrasekaran, E. J. Birks, A. Child, and R. Radley-Smith, “SURGERY FOR ACQUIRED HEART DISEASE LATE RESULTS OF A VALVE-PRESERVING OPERATION IN PATIENTS WITH ANEURYSMS OF THE ASCENDING AORTA AND ROOT,” 1998. Accessed: Jan. 10, 2021. [Online].
- [65] B. Arabkhani *et al.*, “Reported outcome after valve-sparing aortic root replacement for aortic root aneurysm: A systematic review and meta-analysis,” *Annals of Thoracic Surgery*, vol. 100, no. 3. Elsevier USA, pp. 1126–1131, Sep. 01, 2015, doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.05.093.
- [66] S. Klotz *et al.*, “Survival and reoperation pattern after 20 years of experience with aortic valve-sparing root replacement in patients with tricuspid and bicuspid valves,” *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 155, no. 4, pp. 1403-1411.e1, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.12.039.
- [67] U. Schneider *et al.*, “Two decades of experience with root remodeling and valve repair for bicuspid aortic valves,” *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 153, no. 4, pp. S65–S71, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.12.030.
- [68] Gocoł R, Malinowski M, Bis J, et al. Aneurysm of the aortic root and valve-sparing aortic root replacement: long-term outcomes from a single Polish center. *Kardiol Pol.* 2020;78(12):1235-1242. doi:10.33963/KP.15636
- [69] R. de Paulis *et al.*, “Long-term results of the valve reimplantation technique using a graft with sinuses,” *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 151, pp. 112–119, 2016, doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.08.026.
- [70] M. Shrestha *et al.*, “Long-term results after aortic valve-sparing operation (David I) †,” 2011, doi: 10.1016/j.ejcts.2011.04.012.
- [71] J. Valo, J. J. Jokinen, M. Kaarne, and L. Ihlberg, “Expanding Indications for Valve-Sparing Aortic Root Reconstruction: Early and Midterm Results,” *ATS*, vol. 95, pp. 579–585, 2013, doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.08.079.
- [72] M. Liebrich *et al.*, “The David Procedure in Different Valve Pathologies: A Single-Center Experience in 236 Patients Patient Characteristics ADULT CARDIAC,” *ATS*, vol. 95, pp. 71–76, 2013, doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.08.010.
- [73] K. Kallenbach *et al.*, “Treatment of ascending aortic aneurysms using different surgical techniques: a single-centre experience with 548 patients,” *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, vol. 44, no. 2, pp. 337–345, Aug. 2013, doi: 10.1093/ejcts/ezs661.