

Univerzita Karlova v Praze
Lékařská fakulta v Hradci Králové

**ZÁCHOVNÉ OPERACE AORTÁLNÍ CHLOPNĚ U PACIENTŮ
S AORTÁLNÍ REGURGITACÍ**

DIZERTAČNÍ PRÁCE

MUDr. Tomáš Holubec

Hradec Králové 2014

**Univerzita Karlova v Praze
Lékařská fakulta v Hradci Králové**

Doktorský studijní program
Chirurgie

**ZÁCHOVNÉ OPERACE AORTÁLNÍ CHLOPNĚ
U PACIENTŮ S AORTÁLNÍ REGURGITACÍ**

**AORTIC VALVE CONSERVING SURGERY IN PATIENTS
WITH AORTIC REGURGITATION**

MUDr. Tomáš Holubec

Školitel: doc. MUDr. Pavel Žáček, Ph.D.

Hradec Králové, 2014

Obhajoba dne:

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlášení

Prohlašuji tímto, že jsem doktorskou dizertační práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje. Zároveň dávám souhlas k tomu, aby tato práce byla uložena v Lékařské knihovně Lékařské fakulty UK v Hradci Králové a zde užívána ke studijním účelům za předpokladu, že každý, kdo tuto práci použije pro svou publikační nebo přednáškovou činnost, se zavazuje, že bude tento zdroj informací řádně citovat.

Souhlasím se zpřístupněním elektronické verze mé práce v informačním systému Univerzity Karlovy v Praze.

Hradec Králové, březen 2014

PODĚKOVÁNÍ AUTORA

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval prof. MUDr. Janu Harrerovi, CSc. a prof. MUDr. Janu Vojáčkovi, Ph.D. za skvělou a inspirující spolupráci, podporu a cenné rady, kterých se mi vždy dostávalo během mého působení na hradecké Kardiochirurgické klinice. Děkuji doc. MUDr. Pavlovi Žáčkovi, Ph.D. a doc. MUDr. RNDr. Milanu Kaškovi, Ph.D. za odborné vedení a trpělivost při tvorbě této dizertační práce. Docentu Žáčkovi děkuji za poskytnutí krásných ilustrací, které obohatily tuto práci. V neposlední a nejdůležitější řadě bych chtěl poděkovat mé ženě Zdeňce a dětem Anežce a Lukášovi za jejich podporu a trpělivost.

Práce vznikla za podpory programu Univerzity Karlovy v Praze [PRVOUK P37/04].

OBSAH

Seznam použitých zkratk	7
1 Úvod do problematiky	8
1.1 Záchovné operace srdečních chlopní	8
1.2 Záchovné operace aortální chlopně	9
1.2.1 Anatomie a fyziologie aortálního kořene	9
1.2.2 Morfologie aortálního kořene a aortální chlopně	11
1.2.3 Histologická stavba aortálního kořene a aortální chlopně	16
1.2.4 Geometrie aortálního kořene	17
1.2.5 Dynamika aortálního kořene a aortální chlopně	19
1.3 Indikace k záchovným operacím aortální chlopně	23
1.4 Historie záchovných operací aortální chlopně	25
1.5 Současnost záchovných operací aortální chlopně	26
1.5.1 Výkony na cípech aortální chlopně	27
1.5.2 Výkony na funkčním aortálním anulu (FAA)	30
1.5.3 Náhrady aortálního kořene se zachováním aortální chlopně (<i>aortic valve-sparing operations</i>)	36
2 Cíle dizertační práce	40
3 Metodika	41
3.1 Soubor nemocných	41
3.2 Klinické údaje a sledování pacientů	41
3.3 Chirurgická technika	42
3.4 Zhodnocení efektivity externí aortální anuloplastiky	44
3.5 Zpracování získaných dat a jejich statistická analýza	45
4 Výsledky	48
4.1 Charakteristika souboru nemocných	48
4.1.1 Demografické údaje	48
4.1.2 Předoperační echokardiografické údaje	50
4.2 Peroperační údaje	51
4.2.1 Chirurgická technika	51
4.2.2 Peroperační echokardiografické údaje	53
4.3 Časné pooperační údaje	54
4.4 Sledování a pozdní pooperační údaje	56

4.4.1	Přežívání pacientů	56
4.4.2	Reoperace během sledování	58
4.4.3	Klinické údaje ze sledování.....	61
4.4.4	Echokardiografické údaje ze sledování (progrese aortální regurgitace)	63
4.5	Výsledky zhodnocení efektivity externí aortální anuloplastiky	66
5	Diskuze.....	71
6	Závěry.....	77
7	Použitá literatura.....	78

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

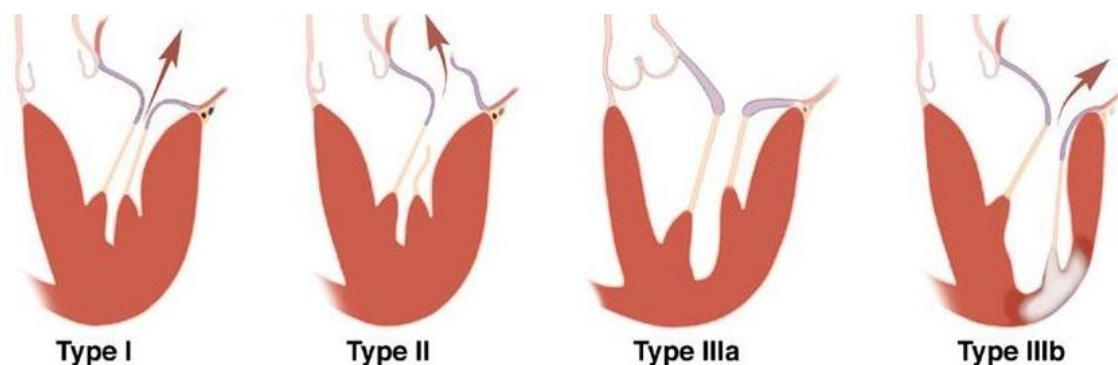
AR	aortální regurgitace
CT	počítačová tomografie
cH	výška/zóna koaptace
eH	efektivní výška cípu
FAA	funkční aortální anulus
gH	geometrická výška cípu
LK	levá komora
PTFE	polytetrafluoroetylén
VAJ	ventrikuloaortální junkce
STJ	sinotubulární junkce
TEE	transezofageální echokardiografie
TTE	transtorakální echokardiografie
2D	dvojrozměrný
3D	trojrozměrný

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

1.1 Záchovné operace srdečních chlopní

Náhrada srdeční chlopně byla jako první provedena v roce 1960 Starrem a Edwardsem¹ v mitrální pozici a ve stejném roce Harkenem² v pozici aortální. V následujících letech se stala náhrada srdeční chlopně, zejména té aortální, zaběhnutou a relativně bezpečnou metodou léčby, jak stenotických, tak i regurgitačních chlopenních vad.³⁻⁷ V posledních dvou dekadách však došlo, především u regurgitačních vad, k rozvoji záchovných operací neboli plastik srdečních chlopní. V roce 1983 publikoval Alain Carpentier práci na téma záchovné operace srdečních chlopní – „French correction“ ve které se, kromě chlopně aortální, věnoval chlopni mitrální. Podrobně popsal patofyziologii regurgitující mitrální chlopně, navrhl důležitou funkční klasifikaci (Obr. 1) a zveřejnil různé záchovné operační techniky.⁸ Od té doby se tzv. plastika mitrální chlopně postupně stala metodou volby u pacientů s mitrální nedomykavostí. Tento trend byl jednoznačně potvrzen a podpořen mnoha pracemi, které prokázaly významnou redukci mortality a morbiditu u pacientů s plastikou mitrální chlopně oproti náhradě této

Obrázek 1. Carpentierova funkční klasifikace onemocnění mitrální chlopně



chlopně.⁹⁻¹² Obecně platí, že záchovné operace s sebou nesou prokazatelné výhody plynoucí z absence rizik spojených s implantací umělé, ať mechanické či biologické chlopně.¹³ Mechanické protézy mají vysoké riziko tromboembolických příhod, krvácivých příhod a trombózy chlopně¹⁴, kromě toho také malé riziko mechanických komplikací.¹⁵ Biologické chlopně trpí předčasnou degenerací a rizikem protézové endokarditidy.¹⁵ Popisovaný *prosthesis-patient mismatch* platí pro oba druhy protéz.^{13,16} Kumulativní riziko těchto tzv. *valve-related* komplikací v průběhu let významně narůstá a dosahuje téměř 50 % během deseti let.^{14,17} Nevýhodou záchovných operací srdečních chlopní, především

té aortální, je jejich vyšší technická náročnost, riziko reziduální regurgitace a zejména riziko selhání plastiky s nutností následné reoperace.¹⁸

1.2 Záchovné operace aortální chlopně

První chirurgické rekonstrukční výkony aortální chlopně byly prováděny v šedesátých a sedmdesátých letech minulého století.¹⁹⁻²¹ V této době ještě nebyla zavedena echokardiografie a znalosti dynamické anatomie aortálního kořene byly poměrně limitované. Tyto pokusy o záchovné operace měly malý klinický dopad a byly na určitou dobu opuštěny. Jistou roli hrál i velký rozmach náhrad aortální chlopně mechanickými, ale i biologickými protézami, které se staly na dlouhou dobu upřednostňovanými operacemi s velmi dobrými výsledky.²²⁻²⁴ Rekonstrukční výkony aortální chlopně zažívají renesanci až v osmdesátých a devadesátých letech 20. století. Jedná se o významné zpoždění v porovnání s plastikami mitrální chlopně a tyto výkony se stále neprovádějí na všech pracovištích. Důvodů je hned několik. Tak, jako je domykavost mitrální chlopně výsledkem správné funkce jednotlivých morfologických komponent, tak i chování aortální chlopně závisí na souhře geometrických prvků v oblasti aortálního kořene. Architektura aortální chlopně je odlišná od atrioventrikulárních chlopní: schází zde „záchytná lana“ představovaná šlašinkami a chování volného okraje je ovlivňováno nepřímo ze „vzdálených“ komisur. Cípy chlopně jsou podstatně menší a tenčí, což zvyšuje nároky na přesnost chirurgické intervence. Důsledná korekce geometrie aortální chlopně a aortálního kořene vyžaduje komplexní a technicky náročnější chirurgický zákrok ve vysokotlakém cévním systému spojený s určitým rizikem neoptimálního časného či dlouhodobého výsledku.²⁵ Výše zmíněné s sebou nese vyšší technickou náročnost a nejistotu dosažení optimálního časného a dlouhodobě trvanlivého výsledku s rizikem následné reoperace.

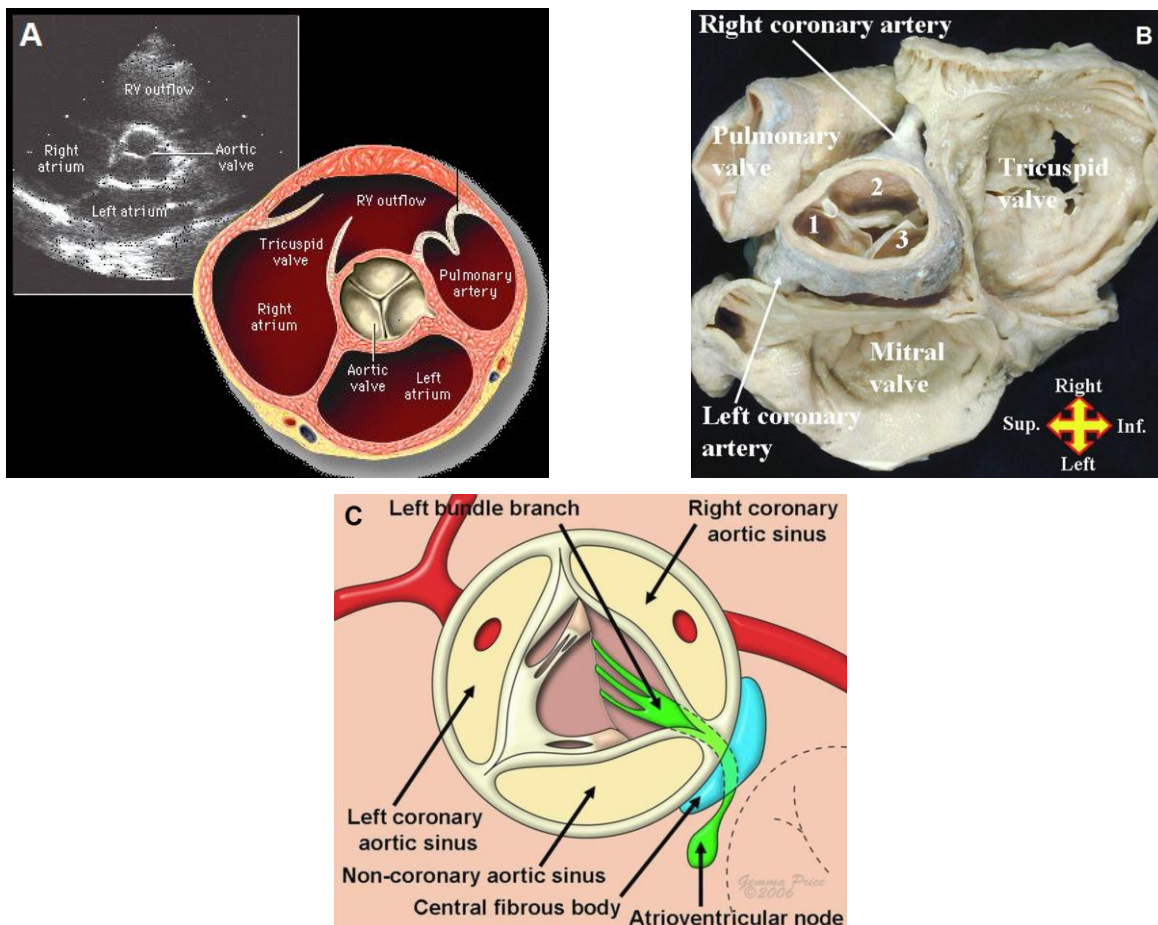
1.3 Anatomie a fyziologie aortálního kořene

Vzrůstající popularita záchovných operací aortální chlopně, potvrzená dnes již dlouhodobými výsledky některých vedoucích pracovišť²⁶⁻²⁹, vyžaduje stále lepší znalost anatomie a fyziologie aortální chlopně s aortálním kořenem. Důležitost Valsalvských sinů při otevírání a zavírání aortální chlopně intuitivně popsal již Leonardo da Vinci³⁰ a o 500 let později tuto funkci potvrdili Bellhouse a spol.³¹ použitím *in vitro* modelu.

Následovaly další, většinou zvířecí *in vivo* studie, zabývající se dynamikou aortálního kořene a jeho rolí v mechanismu otevírání a zavírání aortální chlopně.³²⁻³⁴

Aortální kořen spolu s aortální chlopní jsou velmi složité anatomické struktury nacházející se přímo uprostřed srdce. Aortální kořen leží prakticky zaklíněn mezi ústími obou atrioventrikulárních chlopní. Jeho komponenty mají spojitost se všemi čtyřmi srdečními dutinami a dalšími velmi důležitými srdečními strukturami (Obr. 2A–C). Není tedy překvapivé, že výborná znalost morfologie a fyziologie aortálního kořene je nutnou podmínkou k úspěšnému provádění operací v této srdeční oblasti. Stále však přetrvávají pochybnosti a neshody, jak přesně morfologicky popisovat určité součásti aortálního kořene a aortální chlopně.³⁶

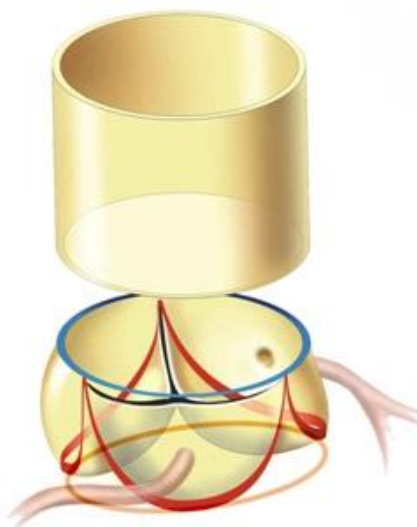
Obrázek 2. (A) Anatomická ilustrace zobrazující transverzální řez srdcem v úrovni aortální chlopně a její intimní vztah prakticky ke všem srdečním strukturám (ve výřezu stejné vyobrazení pomocí srdeční echokardiografie). (B) Anatomický preparát (srdeční síně a velké cévy jsou odstraněny) ukazující blízký vztah aortální chlopně ke všem třem dalším srdečním chlopním v rámci srdeční báze. (C) Ilustrace zobrazující detailní anatomii aortální chlopně a důležitých s ní sousedících struktur. Převzato (A) od J. Nijse (European School for Cardio-thoracic Surgery 2011, Bergamo, Itálie) a (B, C) od Andersona.³⁵



1.3.1 Morfologie aortálního kořene a aortální chlopně

Uvnitř aortálního kořene je uložena aortální chlopeň, která má v trojrozměrné (3D) projekci tvar trojhraté koruny, a společně tvoří jednu funkční jednotku. Aortální kořen představuje spojení mezi levou komorou (LK) a vzestupnou aortou, potažmo systémovou cirkulací. Součástí kořene aorty jsou dále struktury, které poskytují mechanickou podporu aortální chlopni a tím zajišťují její správnou funkci. Z jedné strany je aortální kořen ohraničen bázemi úponů aortální chlopně (virtuální bazální prstenec či aortální báze) a ze strany druhé sinotubulární junkcí (STJ). Skládá se z virtuálního bazálního prstence, ventrikuloaortální junkce (VAJ), vlastních cípů aortální chlopně a jejich úponů, komisur, subkomisurálních trojúhelníků (*inter-leaflet triangles*), Valsalvských sinů, koronárních ústí a STJ (Obr. 3).³⁵

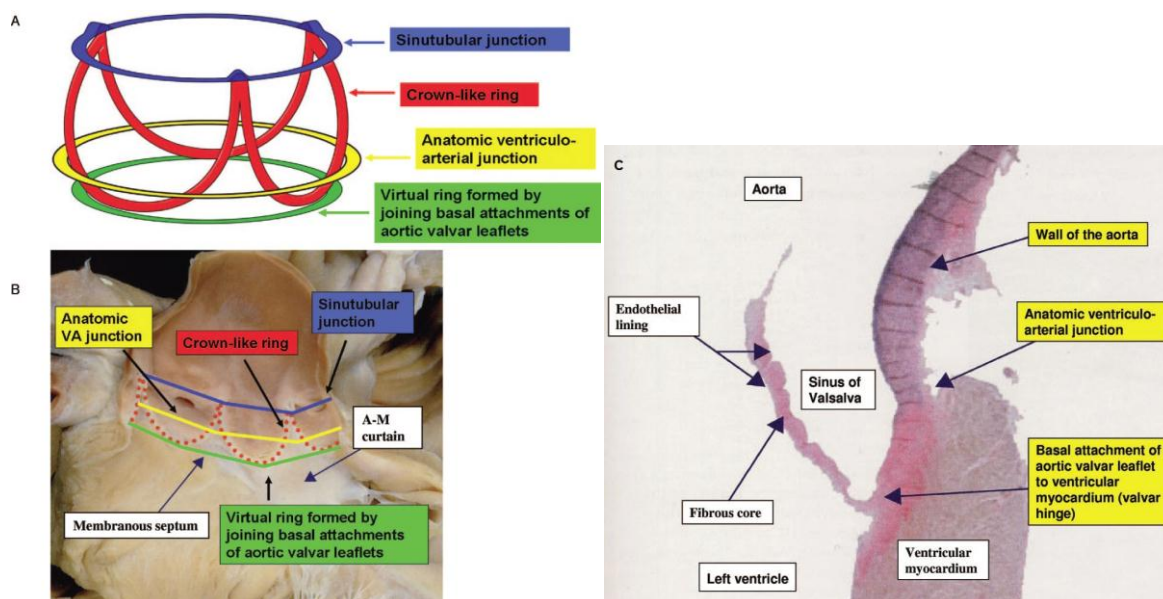
Obrázek 3. Schéma aortálního kořene u trojcípé aortální chlopně. Modrá linie – sinotubulární junkce; Červená linie – místo úponu cípů aortální chlopně; Oranžová linie – virtuální bazální prstenec.



Ventrikuloaortální junkce je kruhové místo, kde přechází svalovina výtokového traktu LK ve fibroelastickou stěnu Valsalvských sinů. Přibližně z jedné poloviny je tvořena fibrózní a z druhé potom muskulární tkání. Fibrózní část (zadní a pravostranná) se skládá z aortomitrální kontinuity, dvou subkomisurálních trojúhelníků a přechodu mezi membranózním septem a aortální stěnou. Rozkládá se anatomicky pod nekoronárním sinem a polovinou levého koronárního sinu. Muskulární část (přední a levostranná) je tvořena z mezikomorového septa a nachází se pod pravým koronárním sinem a polovinou levého koronárního sinu.^{35,37} Ventrikuloaortální junkce je na několika místech křížena

úpony cípů aortální chlopně, tyto tzv. *nadiry* úponů cípů se nacházejí pod úrovní VAJ. Prstenec proložený *nadiry* se nazývá virtuální bazální prstenec a odpovídá aortálnímu anulu zobrazovanému pomocí dvojrozměrné (2D) echokardiografie.³⁸ Pro většinu chirurgů představuje však aortální anulus místo, kde se implantuje našivací prstenec chlopní náhrady, čímž jsou míněny poloměsíčité úpony cípů aortální chlopně. Tato, někdy také nazývaná hemodynamická junkce, má tvar „trojhroté koruny“. Začíná v již zmiňovaných *nadirach* ve výtokovém traktu LK a končí v úrovni STJ na přechodu kořene a vzestupné aorty (Obr. 4A–C). Anatomicky je STJ prakticky distální ukončení závěsného aparátu aortální chlopně. Z pohledu záchovných výkonů na aortální chlopi se ventrikuloaortální junkce, respektive virtuální bazální prstenec a sinotubulární junkce společně označují jako funkční aortální anulus (FAA).³⁹ Vzhledem k rozdílnostem v popisování anatomických struktur aortálního kořene, považuje Anderson pro správné porozumění morfologie aortálního kořene, „koncepti aortálního anulu“ jako nešťastnou a doporučuje ji nejlépe vůbec nepoužívat.³⁵ Navrhuje spíše používat názvy anatomických struktur, tak jak jsou vyobrazeny na obrázku 4A.

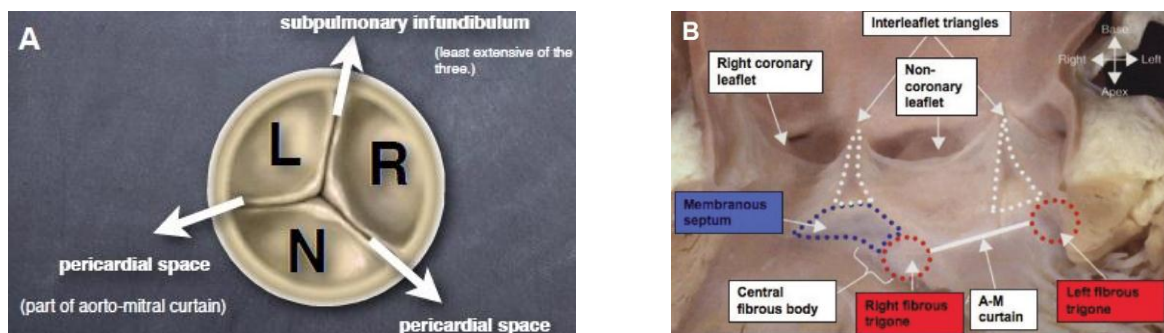
Obrázek 4. (A) 3D schéma aortálního kořene skládající se ze třech kruhovitých prstenců, cípy chlopně jsou zavěšeny do kořene v podobě trojhroté koruny. (B) Anatomický preparát znázorňující tyto 3 kruhové prstence ve vztahu k úponům cípu aortální chlopně. (C) Histologický obrázek zobrazující ventrikuloaortální junkci a bazální úpony cípu aortální chlopně do myokardu komory nacházející se proximálně ventrikuloaortální junkci. Převzato od Piazza a spol.⁴⁰ VA – ventrikuloaortální; A-M – aortomitralní kontinuita.



Výsledkem spojení semilunárních úponů cípů aortální chlopně vznikají 3 subkomisurální trojúhelníčky (*inter-leaflet triangles*), což je jakési vysunutí výtokového traktu LK až do úrovně STJ.³⁷ Tyto trojúhelníčky však nejsou tvořeny myokardem LK nýbrž tenkou fibrózní stěnou aorty a jsou jakousi „komorou mimo komoru“. Apikální části těchto trojúhelníčků představují místa případné komunikace s perikardiálním prostorem nebo se subpulmonálním infundibulem, v případě trojúhelníku mezi levým a pravým koronárním cípem aortální chlopně (Obr. 5A). Dva subkomisurální trojúhelníčky naléhající na nekoronární cíp mají vazivovou spojitost s pravým a levým fibrózním trigonem skeletu srdečního, mitrální chlopní a membranózním septem (Obr. 5B).⁴⁰

Za normálních anatomických okolností má aortální chlopeň 3 poloměsíčitě cípy: levý koronární, pravý koronární a nekoronární a dále 3 komisury (levo-pravá, pravo-nekoronární, levo-nekoronární). Cípy aortální chlopně mají dvě hrany: volnou a úponovou. Volná hrana cípu obsahuje *lunulu a nodulus Arantii*. Obvykle obsahuje kořen obdobně 3 Valsalvské siny: levý koronární, pravý koronární a nekoronární. Jak již z názvu vyplývá, z levého a pravého koronárního sinu odstupují příslušné věčité tepny.

Obrázek 5. (A) Schéma aortální chlopně znázorňující místa případné komunikace apikálních částí subkomisurálních trojúhelníčků s perikardiálním prostorem a se subpulmonálním infundibulem. (B) Anatomický preparát kořene aorty otevřeného z levé komory ukazující vazivovou kontinuitu mezi fibrózními trigony, subkomisurální trojúhelníčky a membranózním septem. Převzato (A) od J. Nijse (European School for Cardio-thoracic Surgery 2011, Bergamo, Itálie) a (B) od Piazza a spol.⁴⁰ A-M – aortomitrální kontinuita.

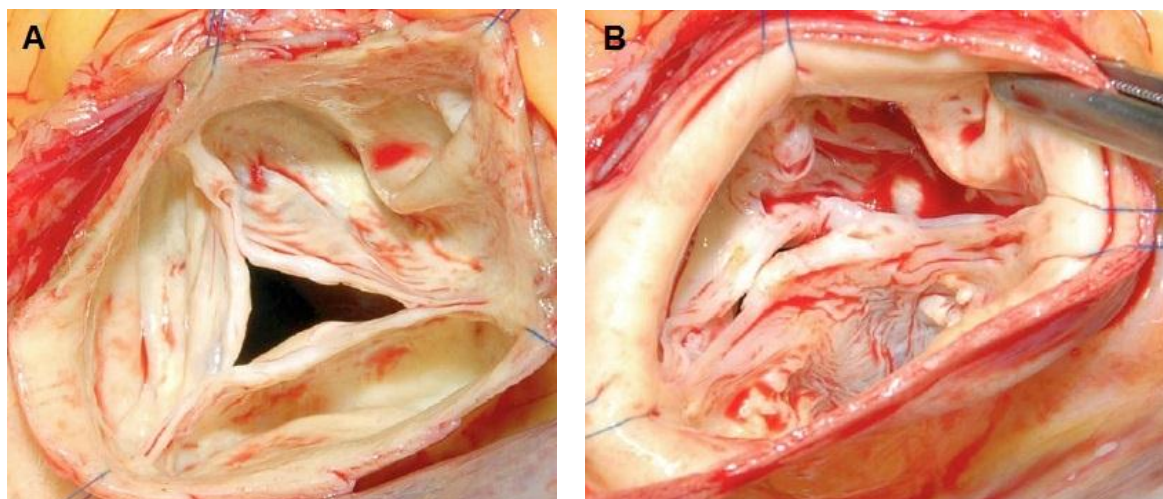


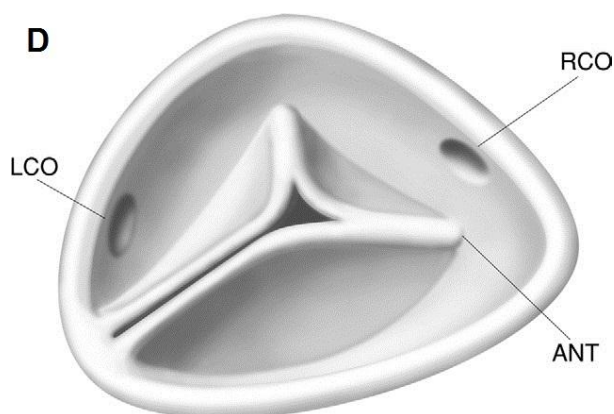
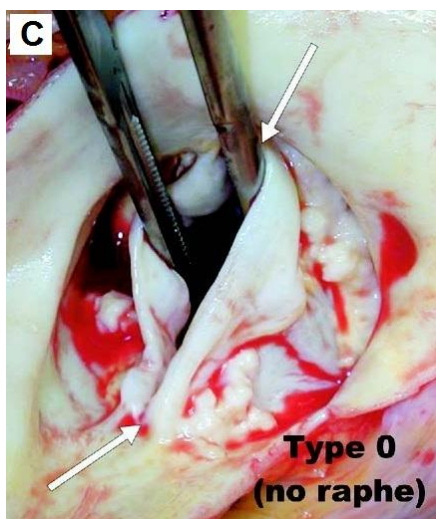
1.3.1.1 Bikuspidní aortální chlopeň

Bikuspidní aortální chlopeň je nejčastější vrozenou srdeční vadou s odhadovanou incidencí v populaci 1 až 2 %.⁴¹ Jedná se o spektrum deformovaných či malformovaných aortálních chlopní, které se prezentují 2 funkčními cípy formujícími chlopeň, a méně než 3 apozičními plochami mezi cípy. Patologickým podkladem této vady

je v podstatě malformace komisur. Existuje mnoho fenotypů, které plynule přecházejí jeden v druhý.⁴² Počínaje čistě trikuspidálně založenou chlopní s třemi komisurami, byť jednou neúplně vyvinutou (rudimentární), konče chlopní založenou „čistě“ bikuspidně s dvěma komisurami. Často dochází k fúzi dvou cípů aortální chlopně, ve většině případů mezi levým a pravým koronárním cípem, kde následně vzniká mezi rudimentární komisurou a fúzovaným cípem tzv. *raphe*. V takovémto případě jsou zachovány 3 Valsalvské siny, z toho 2 neúplně vyvinuté a také 3 komisury, z toho 1 neúplně vyvinutá. Volná hrana fúzovaného cípu je delší a také obvodové vzdálenosti mezi komisurami nejsou stejné (Obr. 6A,B). V opačném případě, kdy je chlopeň založena „čistě“ bikuspidně, existují 2 plně vyvinuté Valsalvské siny a také pouze 2 plně vyvinuté komisury (Obr. 6C). Jako poslední možnost se považuje chlopeň, která je založena jako trikuspidní a došlo u ní k fúzi třech cípů. Taková chlopeň má pouze jednu normální (plně vyvinutou) komisuru a dvě rudimentární (Obr. 6D).

Obrázek 6. (A) Bikuspidní aortální chlopeň s naznačeným *raphe* mezi levým a pravým koronárním cípem. (B) Bikuspidní aortální chlopeň s kalcifikovaným *raphe* mezi levým a pravým koronárním cípem. Tímto vzniklý fúzovaný cíp se označuje často jako přední cíp. (C) „Čistě“ bikuspidní aortální chlopeň. Šipky označují dvě normálně založené komisury. (D) Schéma zobrazující typickou unikuspidní aortální chlopeň s jednou normálně založenou a dvěma rudimentárními komisurami. Převzato (A, B) od F. Langer a H.-J. Schäferse (Workshop Aortic Valve Repair 2009, Bad Homburg, Německo), (C) od Sieverse a spol.⁴² a (D) od Schäferse a spol.⁴³ ANT – anterior; LCO – levé koronární ostium; RCO – pravé koronární ostium.





Existuje mnoho klasifikací zabývajících se bikuspidní aortální chlopní. Jedna z nejčastěji používaných je klasifikace dle Sieverse.⁴² Tato klasifikace obsahuje jednu hlavní kategorii tzv. typ, který je určován dle počtu „raphe“ (rudimentárních komisur) jako typ 0, 1 a 2. Dále obsahuje dvě podkategorie: 1. prostorová orientace cípů/raphe (L – levý koronární, R – pravý koronární, N – nekoronární; varianty: L/R, R/N, N/L) a 2. funkční stav chlopně (S – stenotická nebo I – insuficientní) (Obr. 7).

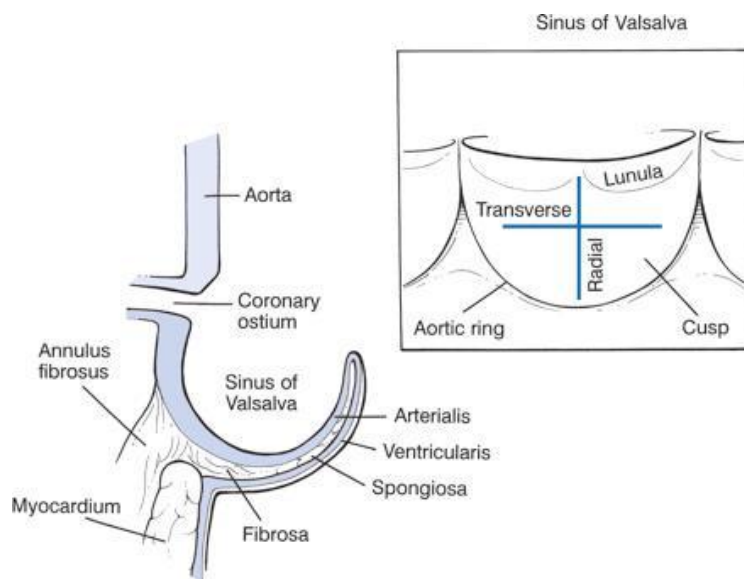
Obrázek 7. Schematické zobrazení klasifikace bikuspidní aortální chlopně dle Sieverse a Schmidtky. Převzato od Sieverse a spol.⁴²

main category: number of raphes	0 raphe - Type 0		1 raphe - Type 1			2 raphes - Type 2
	lat 13 (4)	ap 7 (2)	L - R 216 (71)	R - N 45 (15)	N - L 8 (3)	L - R / R - N 14 (5)
1. subcategory: spatial position of cusps in Type 0 and raphes in Types 1 and 2						
2. subcategory:						
V F I	6 (2)	1 (0.3)	79 (26)	22 (7)	3 (1)	6 (2)
A U S	7 (2)	5 (2)	119 (39)	15 (5)	3 (1)	6 (2)
L N C		1 (0.3)	15 (5)	7 (2)	2 (1)	2 (1)
V T I			3 (1)	1 (0.3)		
U L A O						
R N						

1.3.2 Histologická stavba aortálního kořene a aortální chlopně

Aortální kořen je jakýmsi anatomickým spojením, a tudíž i přechodovou zónou, mezi levou komorou a aortou. To platí i o jeho histologické stavbě. Postupně se směrem z výtokového traktu LK k aortě snižuje obsah svalové tkáně a zároveň narůstá obsah tkáně elastické. Bazální ring je ze 45 % tvořen svalovinou a nejedná se tedy o čistě kolagenní prstenec. Cípy aortální chlopně se upínají do stěny Valsalvských sinů pomocí velmi husté sítě kolagenních a méně elastických vláken, označované jako *anulus fibrosus*. Právě v této zóně se vrstvy cípů chlopně vyznačují specifickým uspořádáním. Síly působící na zavřenou aortální chlopeň se primárně přenášejí na anulus pomocí systému kolagenních vláken. Většina těchto vláken pochází z komisur, potažmo STJ. Ta je však primárně tvořena převážně cirkulárně uspořádanými elastickými vlákny. Směrem kaudálně od sinotubulární junkce je cirkulární uspořádání postupně vystřídáno architekturou longitudinální, a to převážně vlákny kolagenními. Valsalvské siny mají histologicky velmi podobné složení jako cévní stěna a skládají se tedy ze třech vrstev: *intima, media a adventicia*. Tři subkomisurální trojúhelníčky (*inter-leaflet triangles*) nejsou přímo spojeny se svalovinou LK, nýbrž s tenkou fibrózní stěnou aorty na úrovni Valsalvských sinů. Trojúhelníček mezi levým koronárním a nekoronárním sinem je součástí aortomitrální chlopenní kontinuity a histologicky se jedná o fibrózní tkáň identickou s mitrální chlopní. Trojúhelníček mezi nekoronárním a pravým koronárním sinem je součástí membranózního septa a je také tvořen fibrózní tkání (Obr. 5B). Naproti tomu trojúhelníček mezi pravým a levým koronárním sinem se nachází v oblasti subpulmonálního infundibula a je z větší části tvořen svalovinou a pouze ve svém hrotu fibrózní tkání. Studie z nedávné doby prokázaly, že tyto subkomisurální trojúhelníčky mohou exprimovat řadu cytoskeletálních a kontraktilních proteinů jako *vimentin, desmin* a svalový *a-actin*. Tento fakt naznačuje, že se tyto struktury mohou podílet na regulaci funkce aortálního kořene.⁴⁴ Vlastní cípy aortální chlopně se skládají ze tří vrstev: *lamina ventricularis*, fibrózní těleso (*spongiosa a fibrosa*) a *lamina arterialis* (Obr. 8). Jsou tvořeny zejména kolagenními a elastickými vlákny se specifickým uspořádáním v každé již zmíněné vrstvě. Z ventrikulární strany tvoří vrchní vrstvu endokard a ze strany aortální endotel. *Lamina ventricularis* přechází plynule do výtokového traktu LK, zatímco *lamina arterialis* pokračuje na stěny Valsalvských sinů. Ve fibrózním tělese se nacházejí malé cévy.⁴⁴

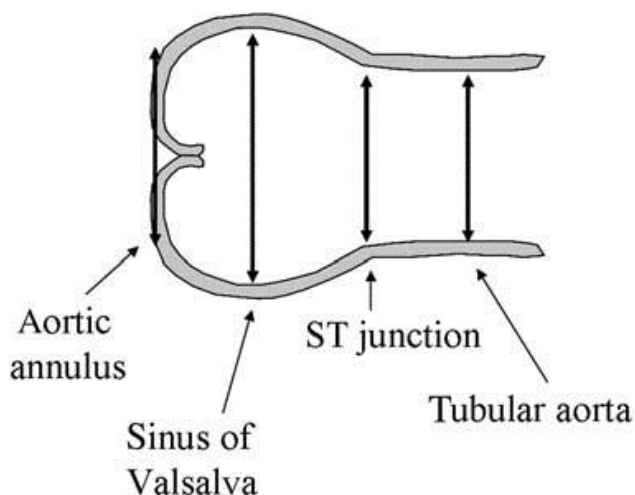
Obrázek 8. Ilustrace zobrazující histologickou stavbu aortální chlopně. Převzato od J. Nijse (European School for Cardio-thoracic Surgery 2011, Bergamo, Itálie).



1.3.3 Geometrie aortálního kořene

S podrobnou znalostí anatomie aortálního kořene, což je nezbytné k úspěšnému provádění zachovných výkonů, také úzce souvisí znalost geometrie aortálního kořene, zejména určitých rozměrů. Pomocí zobrazovacích metod se nejčastěji určují 4 důležité rozměry aortálního kořene: aortální anulus (virtuální bazální prsteneček), aortální bulbus (Valsalvské sino), STJ a vzestupná (tubulární) aorta (Obr. 9). Pro zachovné operace je nejdůležitější znalost rozměru anulu (virtuálního bazálního prstence) a STJ, respektive jejich poměru (STJ/anulus).

Obrázek 9. Ilustrace zobrazující typické rozměry aortálního kořene potřebné a měřené v běžné praxi. Převzato od Flachskampfa a spol.⁴⁵



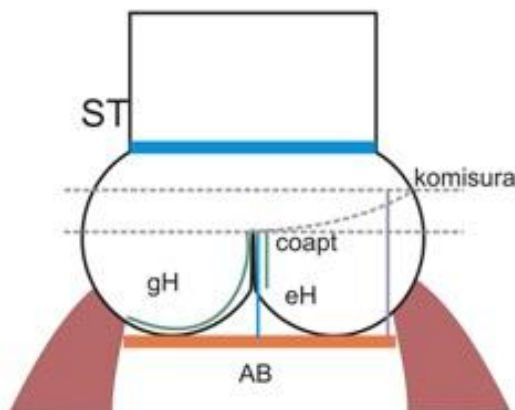
Tabulka 1. Průměrné hodnoty aortálního anulu, sinotubulární junkce a poměr STJ/anulus vycházející z 10 studií (1132 pacientů). Převzato od E. Lansaca (nepublikovaná data/osobní komunikace). Rozměry jsou uvedeny v mm. ϕ – průměr; STJ – sinotubulární junkce.

	Roman 1987	Kim 1996	Nistri 1999	Varnous 2003	Maselli 2005	Babae 2007	Tamas 2007	Soncini 2009	Bierbach 2010	Zhu 2011
N	1132									
Annular ϕ	22.3\pm1,4 (20.5-32.4)									
STJ ϕ	26.7\pm2.2 (31.2-23.4)									
STJ/ annulus	1.2\pm0.1 (1.1-1.3)									

Určit „normální“ hodnoty těchto rozměrů je prakticky nemožné, jelikož záleží na mnoha faktorech. Jimi jsou pohlaví, věk a velikost pacienta. Nezanedbatelným faktorem je i typ metody, která byla použita k měření: echokardiografie, CT (počítačová tomografie) bez či s kontrastní látkou, kardio-CT, magnetická rezonance, peroperační měření, měření *postmortem*. Existuje mnoho studií s různými výsledky zabývající se touto problematikou. V tabulce 1 je uvedena metaanalýza 10 studií uvádějících průměrné hodnoty aortálního anulu, STJ a také poměru STJ/anulus. Poslední zmíněný je velmi důležitý údaj obzvláště pro zachovné výkony a měl by, v optimálním případě, být 1,2 (E. Lansac – nepublikovaná data/osobní komunikace). Někdy se také setkáváme s indexováním absolutních hodnot na povrch těla pacienta (mm/m^2), což má za úkol minimalizovat právě variabilitu určenou rozměry pacienta.

Dalším důležitým aspektem, který nabyl na významnosti v nedávné době a hraje velmi významnou roli, je geometrie a rozměry vlastní aortální chlopně a jejích cípů. V tomto případě se popisují 3 rozměry: geometrická výška cípu (gH), efektivní výška cípu (eH) a výška (zóna) koaptace (cH) (Obr. 10). Poslední dva rozměry jsou opět velmi důležité pro plastiku aortální chlopně.^{46,47} Geometrická výška cípů se během operace určuje pomocí měřítka a minimální požadována gH je 17 mm u trikuspidních a 20 mm u bikuspidních chlopní.⁴⁸ Měření efektivní výšky cípu během operace se naproti tomu provádí tzv. aortálním kaliperem (Obr. 34, 35). Koncepce dostatečné efektivní výšky byla metodicky rozpracována Schäfersem a spol. a stala se významným přínosem pro trvanlivost rekonstrukce chlopně, jelikož tento rozměr přímo koreluje s výškou koaptace (cH) chlopně. Efektivní výška cípu je definovaná jako vertikální vzdálenost středu volného okraje cípu od roviny jeho úponu (Obr. 10, 35).⁴⁶

Obrázek 10. Ilustrace ukazující definici efektivní (modrá čára) a geometrické výšky cípu (zelená zakřivená čára) a výšky koaptace (zelená přímá čára). Převzato a modifikováno od Schäferse a spol.⁴⁶ ST – sinotubulární junkce; cH – výška/zóna koaptace; eH – efektivní výška cípu; gH – geometrická výška cípu; AB – anulární báze (virtuální bazální prsteneček).



1.3.4 Dynamika aortálního kořene a aortální chlopně

Tenké cípy aortální chlopně rozdělují aortální kořen na dva funkční systémy s odlišnou hemodynamikou a rozdílnými tlaky. První systém tzv. subvalvární je uložen pod cípy chlopně a je charakterizován hemodynamikou LK. Zahrnuje aortální bázi, úpony aortální chlopně, komisury a subkomisurální trojúhelníčky. Druhý systém tzv. supravalvární se nachází nad cípy aortální chlopně a vyznačuje se aortální hemodynamikou. Jeho součástí jsou Valsalvské siny a STJ.^{49,50}

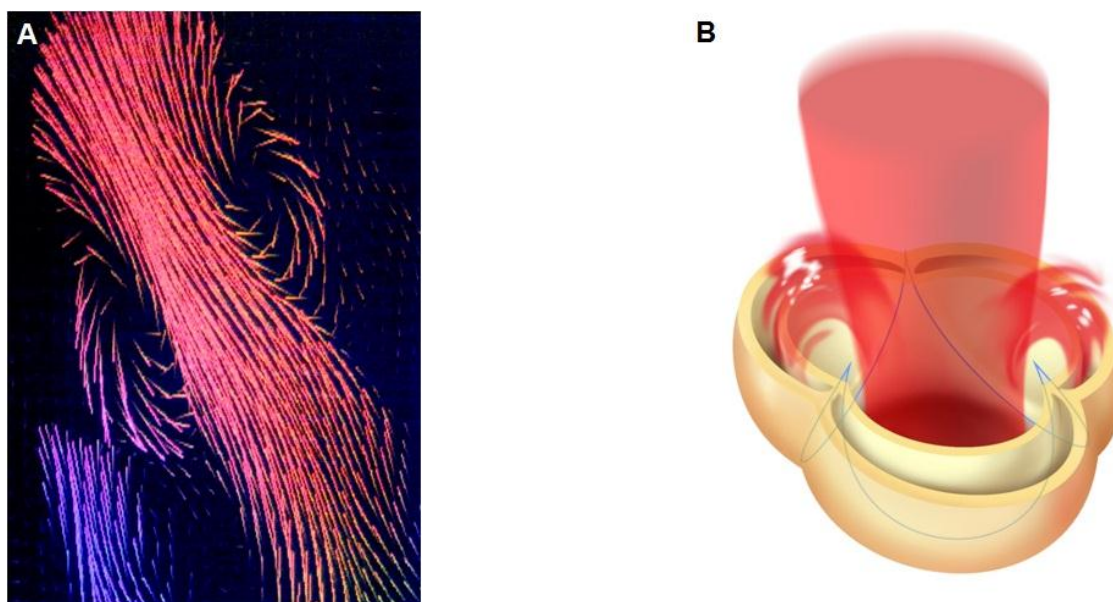
Aortální chlopeň byla dlouhou dobu považována za trojcípou strukturu, jejíž cípy se pasivně otevírají a zavírají na základě tlakových změn v LK a aortě během srdečního cyklu. Takto funkci aortální chlopně a Valsalvských sinů, jak již bylo zmíněno, intuitivně popsal již v 16. století Leonardo da Vinci³⁰ (Obr. 11A) a o 500 let později potom potvrdili Bellhouse a Bellhouse³¹ použitím in vitro modelu (Obr. 11B). To, že funkci Valsalvských sinů pochopil Leonardo Da Vinci zcela správně, ukazuje i obrázek z magnetické rezonance, zachycující průtok krve aortálním kořenem (Obr. 12A).⁵¹ Na tomto obrázku jsou patrné právě krevní víry popsané Leonardem. Schematicky je toto ještě jednou vyobrazeno na další ilustraci (Obr. 12B).

Postupem času se však na základě experimentů, především na zvířecích modelech, ukázalo, že aortální kořen je dynamická struktura. Během srdečního cyklu dochází k expanzi aortálního kořene zejména v oblasti komisur a tím se aktivně podílí na otevírání a zavírání aortální chlopně, což redukuje síly působící na cípy.³² Dále bylo pozorováno, že

Obrázek 11. (A) Detailní kresby z poznámkového bloku Leonarda da Vinci vyobrazující výtokový trakt LK, aortální chlopeň a kořen aorty s vírovitými proudy v oblasti Valsalvských sinů. (B) Schematické znázornění vírovitých proudů v oblasti Valsalvských sinů. Převzato a modifikováno (A) dle Robicseka a spol.³⁰ a (B) Bellhouse a spol.³¹



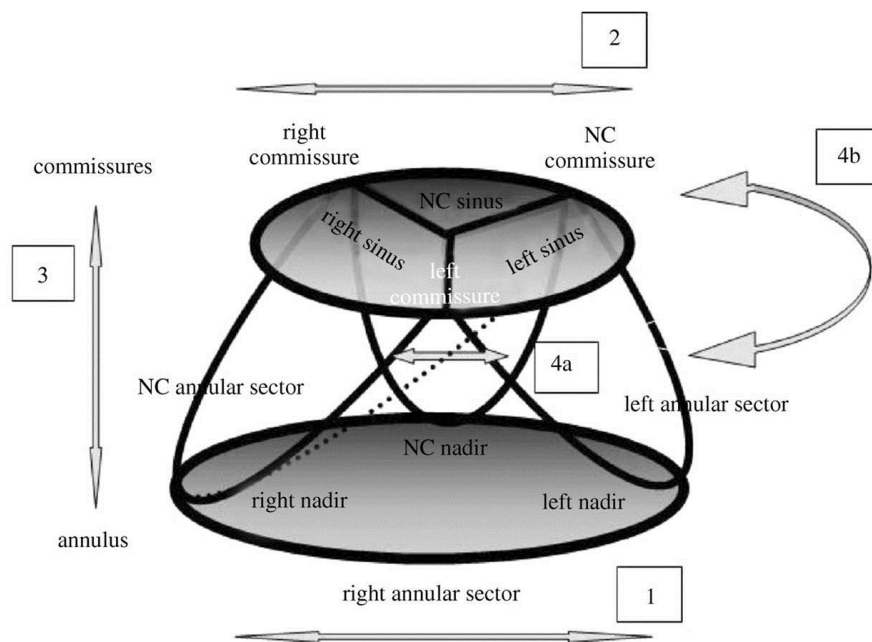
Obrázek 12. (A) Obrázek z magnetické rezonance zachycující průtok krve přes pravý a levý koronární sinus aortální chlopně v pozdní systole. Na obrázku jsou patrné recirkulační toky ve Valsalvských sinusech, které napomáhají uzavírání chlopně na konci diastoly. (B) Schematická ilustrace zobrazující stejnou situaci. Převzato a modifikováno dle Klinera a spol.⁵¹



k této expanzi a částečnému otevření aortální chlopně dochází ještě před průtokem krve skrz chlopeň, a tudíž se jedná o aktivní proces.³³ Tímto byl popsán nový mechanismus otevírání aortální chlopně zajišťující minimální působení sřížných sil (*shear stress*) na cípy chlopně a tím i její dlouhodobou trvanlivost. Do této doby však všechny práce

popisovaly symetrickou dynamiku mezi všemi siny. Až další publikované práce přinesly cenné informace o deformační dynamice aortálního kořene, popisující právě nehomogenně vyjádřené deformace mezi různými aortálními siny.^{34,53} Významnou je práce publikovaná Dagumem a spol.³⁴ v roce 1999 využívající ovčí model, kdy autoři implantovali několik radikontrastních značek do oblasti aortálního kořene. Pohyb značek v rámci srdečního cyklu a tím i dynamika aortálního kořene byly následně zaznamenávány pomocí 2D fluoroskopie s frekvencí 60 Hz. Na tomto modelu autoři demonstrovali, že ovčí aortální kořen prochází deformacemi v různých fázích srdečního cyklu. Jedná se o příčné deformace v úrovni VAJ a STJ, prodlužování a komprese aortálního kořene, smykové a torzní deformace. Dále ukázali, jak již bylo zmíněno, že tyto deformace nejsou homogenní mezi levým-, pravým- a nekoronárním sinem (Obr. 13).

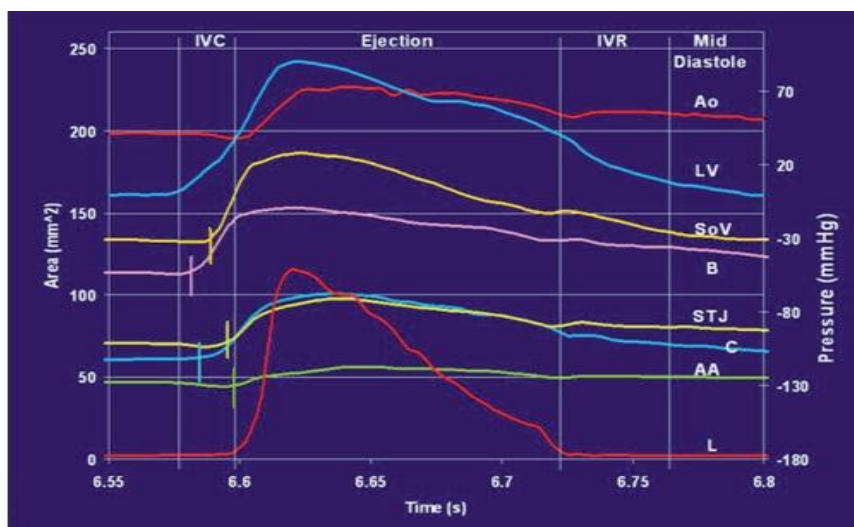
Obrázek 13. Schéma zobrazující 4 odlišné druhy deformace aortálního kořene: (1) obvodová deformace v úrovni aortální báze, (2) obvodová deformace v úrovni komisur, (3) podélná deformace a (4a a 4b) smyková a torzní deformace. Převzato od Chenga a spol.⁵²



Všechny dosud zmíněné studie byly limitovány zaznamenávací frekvencí (60 Hz), což vedlo ke kontroverzním závěrům. Za účelem objasnění sporných závěrů výše zmiňovaných studií provedl Lansac a spol. několik experimentů na ovčím modelu s použitím vysokofrekvenční (200 Hz) 3D sonomikrometrie. Cenné výsledky následně zveřejnil v několika publikacích.^{49,50,54,55} Na podkladě těchto prací zabývajících se dynamikou aortálního kořene a aortální chlopně lze shrnout, že expanze aortálního

kořene začíná během isovolumetrické kontrakce, nejprve na úrovni VAJ a pokračuje přes komisury na STJ a vzestupnou aortu. Svého maxima dosahuje během konce první třetiny systolické ejekce (Obr. 14). Během této expanze dochází k signifikantnímu zvětšení aortálního kořene ještě před začátkem systolické ejekce a to až o 34 % jeho objemu, což aktivně přispívá k otevření aortálních cípů bez jejich mechanického namáhání a zároveň usnadňuje a maximalizuje systolickou ejekci krevního toku. Preejekční (presystolická) expanze aortálního kořene je způsobena expanzí na úrovni anulární báze (VAJ) a komisur jako následkem objemových a tlakových změn ve výtokovém traktu LK aktivně ovlivněných subkomisurálními trojúhelníčky.

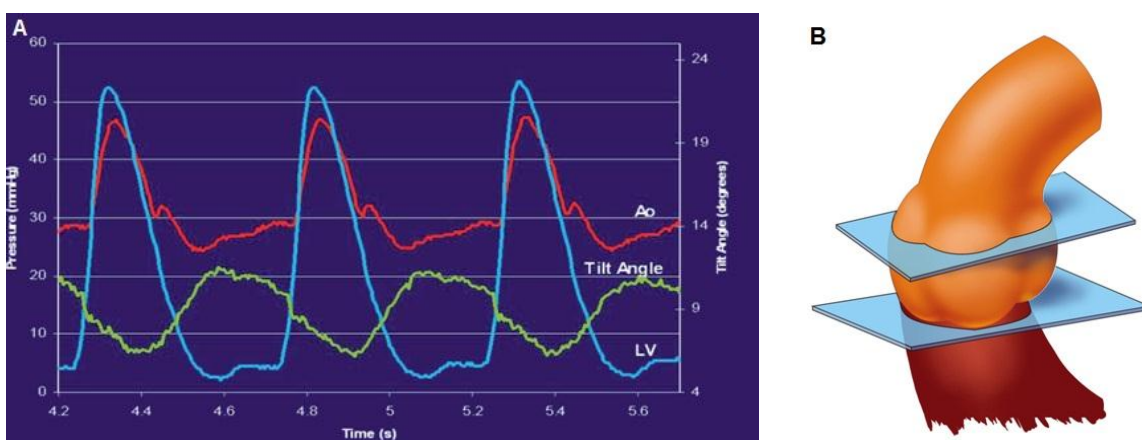
Obrázek 14. Dynamické změny v různých úrovních aortálního kořene ve vztahu k výšce krevního tlaku v levé komoře a ascendentní aortě. Převzato a modifikováno dle Lansaca a spol.⁴⁹ B – aortální báze; C – komisury; STJ – sinotubulární junkce; AA – ascendentní aorta; Ao – tlak v aortě; LV – tlak v levé komoře.



Vedle dynamických změn objemu a tvaru aortálního kořene dochází také k jeho aktivnímu naklánění (*tilting*) ve vztahu k výtokovému traktu LK (Obr. 15A, B). Jinými slovy aortální expanze je asymetrická a vede k naklánění aortálního kořene v průběhu srdečního cyklu. Během systoly se úhel mezi dlouhou osu výtokového traktu levé komory a aortálního kořene blíží k 180°, což usnadňuje a maximalizuje systolickou ejekci. Jakmile se aortální chlopeň uzavře, dochází k naklonění aortálního kořene a výše zmíněný úhel se zostřuje. Tímto způsobem funguje aortální kořen jako jakýsi tlakový absorbér, kdy rázová vlna je směřována do nekoronárního cípu a tím se tlumí napětí na cípech aortální chlopně.

Trojrozměrná sonomikrometrie prokázala, že tvar aortální chlopně se během systoly mění od hvězdicovitého, přes trojúhelníkovitý, cirkulární až po konečně tzv. *clover-shaped* (tvar trojlístku) během maximálního otevření (Obr. 16A, B). V této fázi přesahuje volný okraj aortálního cípu oblast komisur o 29 %.⁴⁹ A toto je právě velmi kritický moment z hlediska záchovných operací aortální chlopně.

Obrázek 15. (A) Dynamické změny úhlu naklonění aortálního kořene ve vztahu k výši krevního tlaku v levé komoře a aortě. (B) Ilustrace úhel naklonění mezi rovinami sinotubulární junkce a aortálního anulu v end-diastole ($16,3 \pm 1,5^\circ$ a orientovaný směrem doleva a dorzálně). Převzato a modifikováno dle Lansaca a spol.⁵⁰ Ao – tlak v aortě; LV – tlak v levé komoře; Tilt Angle – úhel naklonění.



Obrázek 16. (A) Ilustrace zobrazující průřez aortálním kořenem při maximální expanzi během ejekční fáze v úrovni komisur aortální chlopně. (B) Ilustrace vyobrazující náčrt průřezu aortálním kořenem dle Leonarda Da Vinci z roku 1508. Převzato a modifikováno (A) dle Lansaca a spol.⁴⁹ a (B) ze zdroje: <http://www.cosmicpolymath.com/>.



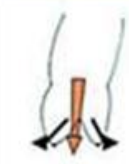

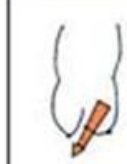
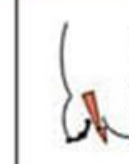


1.4 Indikace k záchovným operacím aortální chlopně

V principu existují dvě indikace k záchovným operacím aortální chlopně. Jedná se buď o funkční aortální regurgitaci způsobenou dilatací kořene aorty či vzestupné aorty

(přesněji řečeno dilatací funkčního aortálního anulu³⁹) nebo aortální regurgitaci způsobenou organickým poškozením aortálních cípů. Situace je však ještě o něco složitější, jelikož se velmi často tyto dvě patologie prolínají. Záchovné operace aortální chlopně jsou v současné době velmi heterogenní skupinou, a to zejména co se týče výkonu na vlastních cípech aortální chlopně. Z tohoto důvodu dochází v poslední době k určitému vývoji záchovné chirurgie aortální chlopně těžícím ze syntézy zkušeností s klasickými, ale i recentními chirurgickými postupy a poznatky zobrazovacích metod o fyziologii aortální chlopně. Jedná se zejména o snahu standardizace a reprodukovatelnosti posuzování aortální chlopně spjaté s následným zvolením správné strategie záchovné operace.^{46,56-60} Podobně jako u regurgitace mitrální chlopně, kdy byla Carpentierem⁸ navržena funkční klasifikace a z ní vyplývající techniky záchovných operací, navrhli El Khoury a spol. podobnou funkční klasifikaci pro regurgitaci chlopně aortální.³⁹ Na podkladě jejich rozsáhlých a dlouhodobých zkušeností se záchovnými operacemi aortální chlopně, byla klasifikace dále propracována a obsahuje i návrh záchovného výkonu k příslušné patologii (Tab. 2).⁵⁷

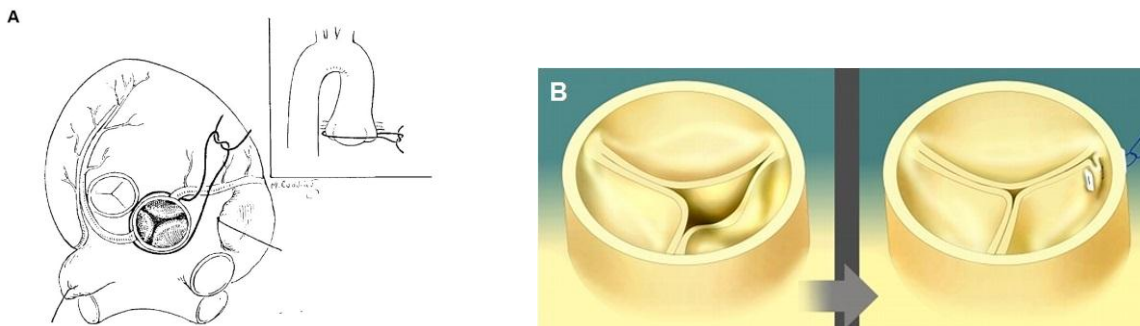
Tabulka 2. Klasifikace aortální regurgitace s navrženou operační technikou. Převzato a modifikováno dle Boodhwaniho a spol.⁵⁷ STJ – sinotubulární junkce.

Typ aortální regurgitace z hlediska záchovných operací	Typ I				Typ II	Typ III
	Ia	Ib	Ic	Id	Prolaps cípu	Restrikce cípu
Mechanismus						
Operační technika	Zmenšení průměru STJ	Náhrada kořene aorty se zachováním chlopně	Zmenšení aortálního anulu	Uzávěr defektu	Plastika prolapsu	Plastika cípu
	náhrada vzestupné aorty plikace STJ	reimplantace nebo remodelace	subkomisurální plikace aortálního anulu	perikardiální záplata cípu	plikace cípu vyztužení volného okraje gore-texovým stehem triangulární resekce	dekalifikace perikardiální záplata

1.5 Historie záchovných operací aortální chlopně

Jako první záchovnou operaci regurgitující aortální chlopně lze označit tzv. *cirkumkluzi* provedenou Taylorem v roce 1955.¹⁹ Z dnešního pohledu se jednalo prakticky o externí anuloplastiku aortální chlopně prováděnou na bijícím srdci, kdy po preparaci aortálního kořene byl v úrovni anulu naložen 3-0 hedvábný steh pod přímou palpační kontrolou prstu zavedeného přes ouško pravé síně. Tento steh byl následně dotažen (Obr. 17A). V období 3 let touto technikou Taylor odoperoval 11 pacientů. Následně dominovaly zejména přímé plastiky cípů aortální chlopně prováděné na zastaveném srdci s použitím mimotělního oběhu v rámci operace defektů komorového septa s aortální regurgitací.⁶¹⁻⁶⁵ Jednalo se většinou o korekci prolapsu cípů plikací nebo částečnou/úplnou náhradu cípu chlopně teflonovou či perikardiální záplatou. S určitým zpožděním korigoval podobným způsobem aortální regurgitaci stejné etiologie i Trusler a spol.⁶⁵, kdy prováděl plikace cípů pomocí stehu naloženého poblíž komisury (Obr. 17B).

Obrázek 17. (A) Obrázek zobrazující princip tzv. *cirkumkluze* aortální chlopně ve snaze zmenšit aortální anulus. (B) Ilustrace znázorňující princip plikace cípu aortální chlopně dle Truslera. Převzato (A) od Taylora a spol.¹⁹ a (B) převzato od Dominika a Žáčka.⁶⁶



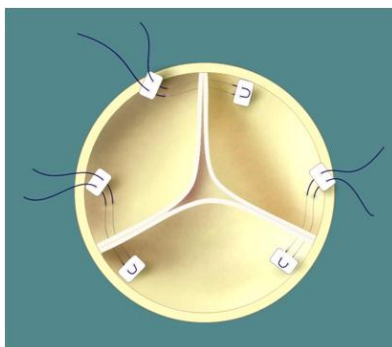
Tento způsob plikace byl používán na mnohých pracovištích ještě do nedávné doby. V roce 1963 zveřejnil Donald Ross výsledky chirurgické rekonstrukce aortální chlopně.²⁰ Během tří let provedl rekonstrukční výkony aortální chlopně u 7 pacientů s aortální regurgitací. Mezi technikami, které použil, byly bikuspidizace chlopně, plikace volného okraje cípu, augmentace cípu či náhrada celého cípu teflonovou záplatou.

V roce 1966 zveřejnil Cabrol a spol.²¹ novou techniku anuloplastiky aortální chlopně k chirurgické korekci aortální insuficience. V tomto případě se jednalo o interní anuloplastiku, kdy byl subkomisurálně v oblasti trojúhelníků naložen steh a ten následně dotažen. Při naložení stehu do všech třech komisur došlo k výrazné redukci aortálního

anulu. V určité modifikaci, kdy se za účelem minimalizování rizika proříznutí nakládá podložkový steh, se tato anuloplastika používá na některých významných pracovištích dodnes (Obr. 18).^{27,28} Všechny výše zmíněné výkony či pokusy o rekonstrukci aortální chlopně měly spornou či velmi limitovanou úspěšnost, a proto byly úplně nebo alespoň na určitou dobu opuštěny.

Větší pozornosti zachovným operacím aortální chlopně se opět dostalo až v osmdesátých a zejména devadesátých letech 19. století, kdy se jimi začali někteří chirurgové opět více zabývat.^{8,67-69} Paralelně byly publikovány první výsledky operací nahrazujících aortální kořen se zachováním aortální chlopně (tzv. *aortic valve-sparing operations*).^{70,71} Jelikož většina těchto zmíněných chirurgických technik a výkonů věnujících se zachování/plastice regurgitující aortální chlopně se používá dodnes, budou proto podrobněji probrány v další kapitole.

Obrázek 18. Schematické znázornění modifikace anuloplastiky aortální chlopně podle Cabrola. Převzato od Dominika a Žáčka.⁶⁶



1.6 Současnost zachovných operací aortální chlopně

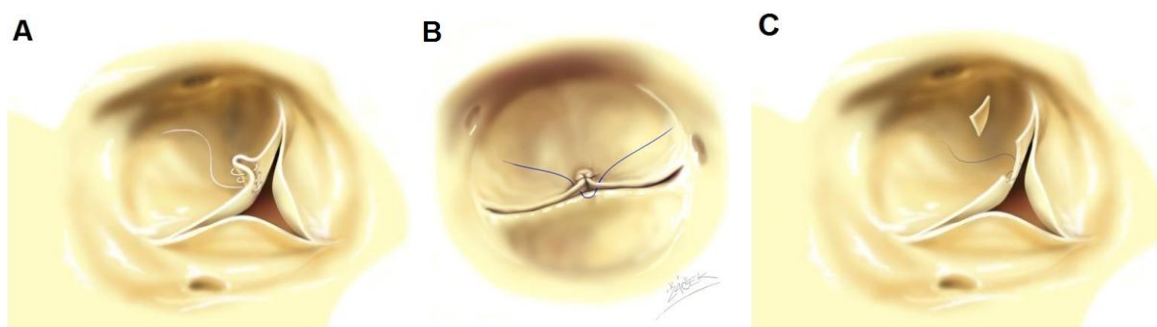
Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, současná podoba zachovných operací aortální chlopně se začala vytvářet díky snaze několika významných kardiologů v osmdesátých a zejména devadesátých letech 19. století.^{8,67-71} Často pouze s malými modifikacemi se tyto techniky používají ve velké míře doposud. Z důvodu lepší přehlednosti se dají tyto výkony rozdělit na 3 skupiny, i když často se vzájemně kombinují. Jedná se o výkony na cípech aortální chlopně, někdy označované jako plastiky aortální chlopně, výkony na funkčním aortálním anulu a náhrady aortálního kořene se zachováním aortální chlopně.

1.6.1 Výkony na cípech aortální chlopně

Pro výběr příslušné techniky je zásadní zdali se jedná o prolaps nebo restrikcí cípu/cípů čili o typ II nebo III v klasifikaci dle El Khouryho a spol. (Tab. 2).⁵⁷ Jedná-li se o prolaps, čili typ II, což je nejčastější postižení cípu aortální chlopně, je principem plastiky zkrácení volného okraje prolabujícího cípu. K dispozici je celá řada technik. Nejjednodušší je plikace volného okraje cípu^{72,73} nejčastěji velmi tenkým monofilamentním polypropylenovým vláknem, což vede k obnovení správné koaptace, a to jak trikuspidní, tak i bikuspidní chlopně (Obr. 17 B, 19A, B). Tato technika v podstatě vychází z technik používaných již na počátku druhé poloviny 19. století^{20,61-65} Velmi efektivní a snadno reprodukovatelná je centrální plikace v oblasti *nodulus Arantii* a zároveň se jedná o jednu z nejpoužívanějších technik (Obr. 19B).^{28,59,60,74-78} Malou modifikací této techniky je limitovaná triangulární centrální resekce redundantní tkáně cípu a následná sutura resekovaných okrajů (Obr. 19C).

Další technikou používanou v případě prolapsu cípu, avšak menšího rozsahu, je vyztužení (resuspenze) volného okraje cípu tenkým pokračujícím polytetrafluoroetylenovým (PTFE) stehem (Gore-Tex CV-7; WL Gore and Associates, München, Německo). Tato technika je v současné době také poměrně oblíbená a používaná u plastik trikuspidních, ale i bikuspidních chlopní (Obr. 20).^{28,73,75,78,79} V případě inkompletního srůstu dvou cípů bikuspidní chlopně s rozštěpem (*cleft*) se provádí přímá

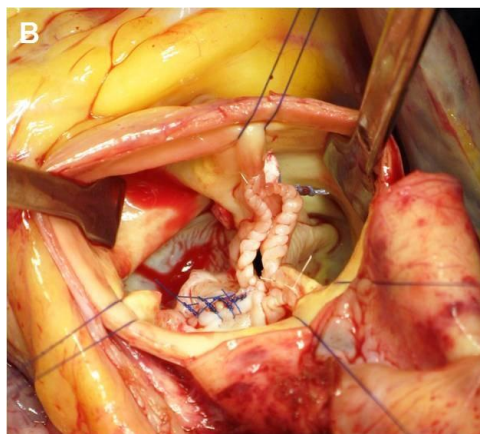
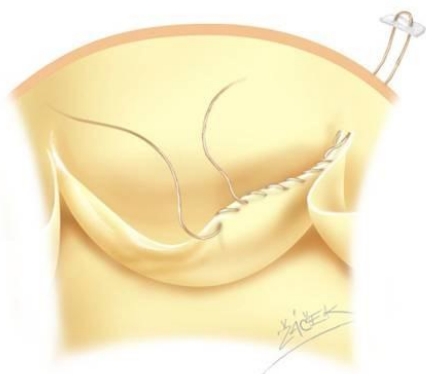
Obrázek 19. (A) Centrální plikace pravého koronárního cípu trikuspidní aortální chlopně. (B) Centrální plikace fúzovaného koronárního cípu bikuspidní aortální chlopně. (C) Limitovaná triangulární centrální resekce pravého koronárního cípu trikuspidní aortální chlopně s následnou suturou resekovaných okrajů. Převzato od Dominika a Žáčka.⁶⁶



sutura cleftu pokračujícím velmi tenkým monofilamentním vláknem, častěji však jednotlivými stehy a tím dochází opět ke korekci prolapsu cípu chlopně (21A, B). Pakliže dochází ke kompletnímu srůstu cípů, vyskytuje se na fúzovaném cípu tzv. *raphe*, které je

Obrázek 20. (A) Vyztužení prolabujícího volného okraje cípu trojcípé aortální chlopně tenkým pokračujícím polytetrafluoroetylenovým stehem. (B) Peroperační fotografie zobrazující vyztužení volného prolabujícího okraje cípu trojcípé aortální chlopně tenkým pokračujícím polytetrafluoroetylenovým stehem a provedenou přímou suturu cleftu bikuspidní aortální chlopně. Převzato (A) od Dominika a Žáčka⁶⁶ a (B) vlastní fotodokumentace.

A



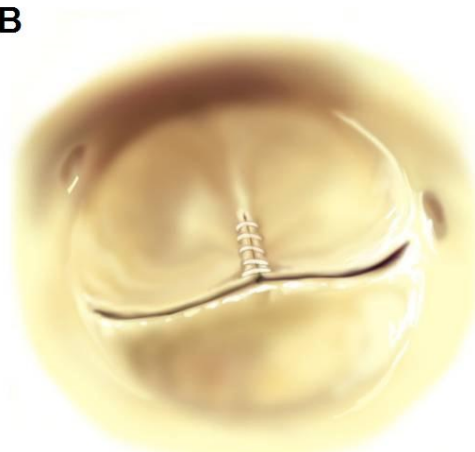
často kalcifikované (Obr. 22A). Obě tyto morfologie bikuspidní chlopně se mohou vyskytovat současně (Obr. 21A). Jestliže je raphe kalcifikované je nutné ho odstranit. Raphe je možné snést se zachováním celistvosti cípu, tzv. *shaving* (Obr. 21B)^{8,58,72} anebo resekovat.^{69,77,80} Při resekci je nutné obnovit celistvost prolabujícího fúzaného cípu buď přímou suturou pokračujícím tenkým monofilamentním vláknem, častěji však jednotlivými stehy, nebo všítim záplaty z autologního perikardu ošetřeného 1,5 % glutaraldehydem (Obr. 22B).

Obrázek 21. (A) Bikuspidní aortální chlopeň s fúzaným levým a pravým koronárním cípem a přítomným kalcifikovaným raphe s rozštěpem. B. Stav po přímé sutuře rozštěpu fúzaného cípu pokračujícím stehem a snesení kalcifikovaného raphe (tzv. *shaving*). Převzato od Dominika a Žáčka.⁶⁶

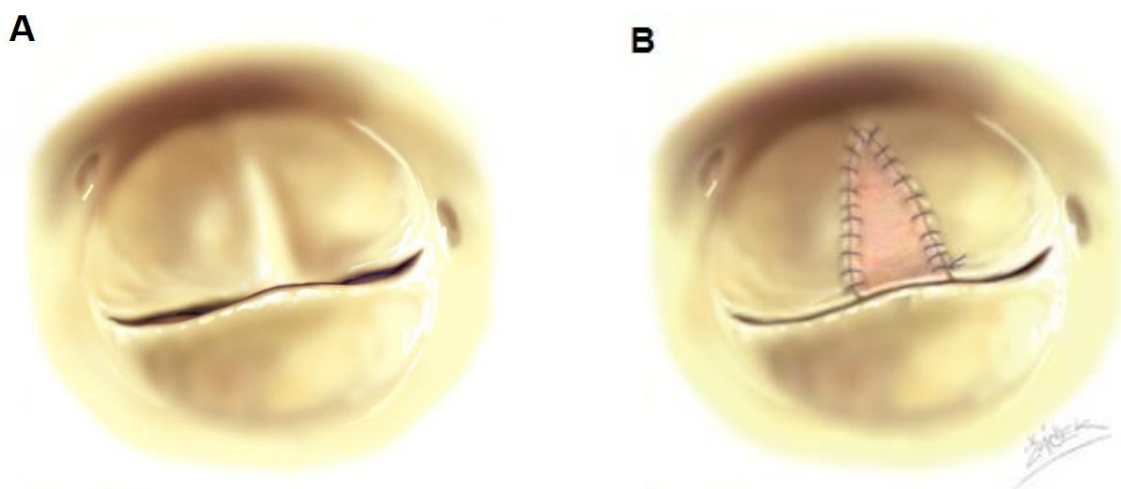
A



B

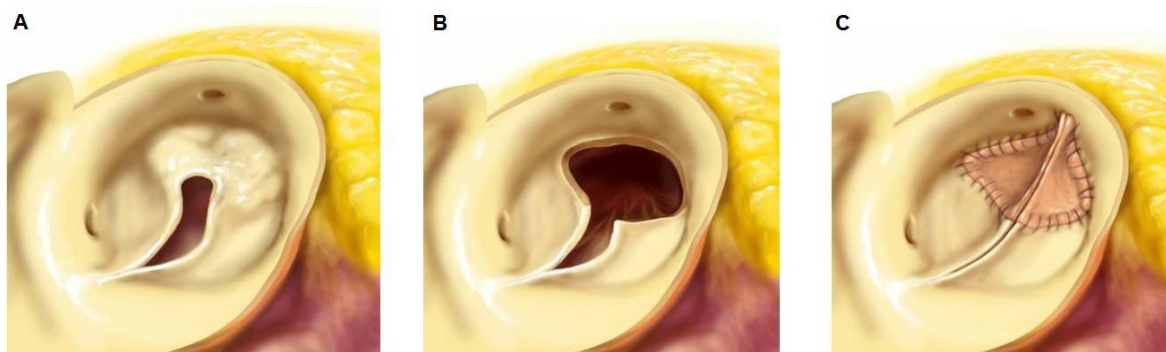


Obrázek 22. (A) Bikuspidní aortální chlopeň s kompletním srůstem levého a pravého koronárního cípu a přítomností tzv. raphe. (B) Stav po plastice bikuspidní aortální chlopně s resekcí raphe fúzovaného cípu a všitím záplaty z autologního perikardu. Převzato od Dominika a Žáčka.⁶⁶



Jedná-li se o restrikcí cípu/cípů, čili o typ III v klasifikaci dle El Khouryho a spol.⁵⁷ (Tab. 2), což je méně časté postižení regurgitující aortální chlopně (při tomto postižení je chlopeň často stenotická a tudíž nevhodná k záchovné operaci), plastika chlopně je poté mnohem náročnější a ne vždy proveditelná. Zejména dlouhodobé výsledky jsou sporné.^{58,77,81} Tato situace nastává nejčastěji u vrozeně bikuspidních aortálních chlopní s fúzí cípů. Jelikož u tohoto typu chlopní se často vyskytuje jak prolaps, tak i restrikce cípu/cípů chlopně, byly již techniky plastiky chlopně popsány výše. Jedná se zejména o snesení kalcifikací, tzv. *shaving*, ať už kalcifikovaného raphe nebo kdekoliv jinde na cípu chlopně. Dle situace, je následně nutná rekonstrukce defektu cípu po snesení *raphe* buď přímou suturou, nebo všitím záplaty z autologního perikardu ošetřeného 1,5 % glutaraldehydem. Další možnosti rekonstrukce restriktivních cípů aortální chlopně je jejich částečná resekce a následné nahrazení nebo pouze zvětšení cípu bez resekce (tzv. extenze nebo augmentace) záplatou buď z autologního perikardu, či z jiné syntetické náhrady (např. PTFE membrána). Jedním příkladem je tzv. bikuspidizace unikuspidní aortální chlopně popsaná Schäfersem a spol.^{43,82} Principem této plastiky je resekce degenerativně změněné části chlopně v oblasti rudimentárních komisur a převedení chlopně na bikuspidní za použití záplat z autologního perikardu ošetřeného 1,5 % glutaraldehydem (Obr. 23). Dalším příkladem je tzv. trikuspidizace bikuspidní aortální chlopně s cílem vytvoření 3. komisury, tzv. *neokomisury*.⁸³⁻⁸⁵ Další podobné techniky byly v literatuře již vícekrát popsány, používají se však sporadicky, a to spíše v dětské kardiologii při korekci vrozených vad aortální chlopně.⁸³⁻⁸⁷

Obrázek 23. (A) Unikuspidní aortální chlopeč s dvěma rudimentárními a kalcifikovanými komisurami mezi levým a pravým a pravým a nekoronárním cípem. (B) Stav po resekci kalcifikované tkáně v oblasti obou rudimentárních komisur. (C) Stav po všíití dvou záplat z autologního perikardu do defektu vzniklého po resekci a tím kompletizace plastiky unikuspidní chlopeč. Převzato a modifikováno dle Schäferse a spol.^{43,82}



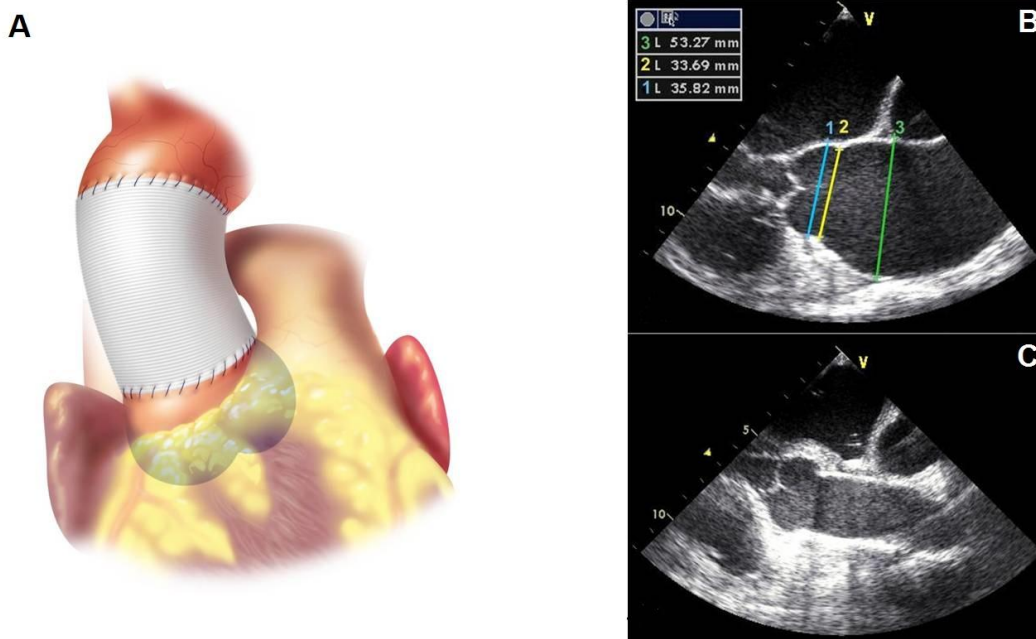
1.6.2 Výkony na funkčním aortálním anulu (FAA)

Funkční aortální regurgitace je dána dilatací FAA, tzn. dilatací sinotubulární junkce a virtuálního bazálního anulu (aortální báze).³⁹ V takovémto případě stačí zmenšení (remodelace) příslušné části FAA k tomu, aby aortální regurgitace vymizela. Velmi často je však nutné intervenovat na obou částech tohoto systému. Velmi důležitý je poměr STJ/bazální anulus, který by měl být optimálně 1,2.

1.6.2.1 Výkony na sinotubulární junkci (STJ)

Dle El Khouryho a spol.⁵⁷ klasifikace (Tab. 2) se jedná o typ Ia, prakticky funkční aortální regurgitaci, způsobenou dilatací STJ. Tato situace je nejčastěji důsledkem dilatace ascendentní aorty/aortálního kořene, a proto je její řešení poměrně jednoduché. Jedná se o zmenšení rozměru STJ, tzv. remodelace STJ. Za účelem řešení aortální regurgitace popsal tento výkon jako první Frater a spol. v roce 1986.⁶⁸ V dnešní době se nejčastěji provádí suprakoronární náhradou ascendentní aorty dakronovou cévní protézou (Obr. 24).

Obrázek 24. (A) Stav po suprakoronární náhradě ascendentní aorty dakronovou protézou a tím provedená remodelace STJ. (B) Předoperační nález z jícnové echokardiografie. Podélný řez aortálním kořenem/ascendentní aortou znázorňující dilataci STJ a ascendentní aorty. (C) Pooperační nález z jícnové echokardiografie. Podélný řez aortálním kořenem/ascendentní aortou zobrazující nahrazenou ascendentní aortu a remodelovanou STJ. Převzato (A) od Dominika a Žáčka.⁶⁶



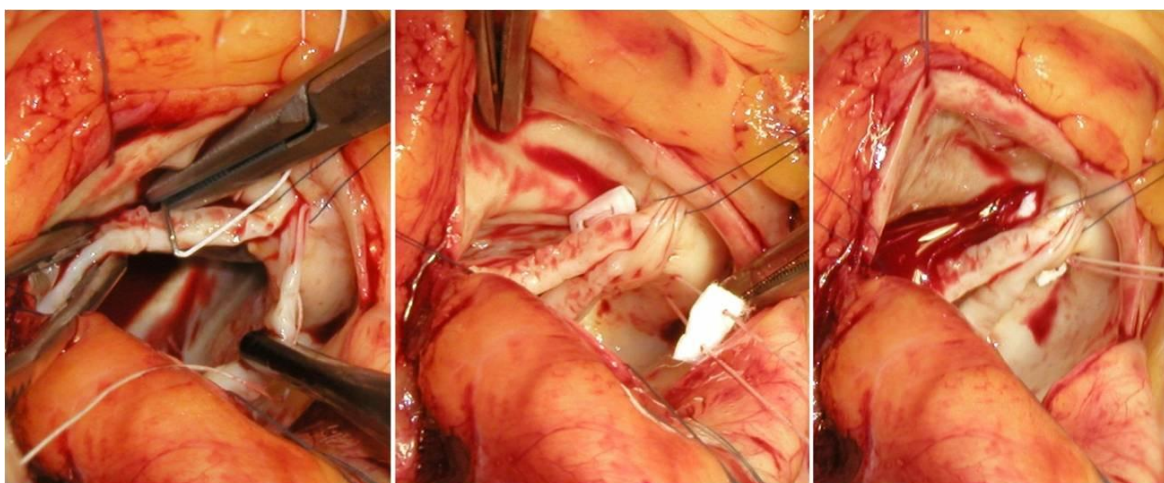
1.6.2.2 Výkony na aortálním anulu

Dle El Khouryho a spol.⁵⁷ klasifikace (Tab. 2) se jedná o typ Ic, prakticky funkční aortální regurgitaci, způsobenou dilatací aortálního anulu (virtuálního bazálního anulu). Tato situace je často důsledkem dilatace aortálního kořene, ale neméně často i primární dilatací aortálního anulu samotného. Její řešení není zdaleka tak jednoduché, jako např. řešení dilatace STJ. Jedná se vlastně o anuloplastiku aortální chlopně. Konceptně a zejména chirurgicky se jedná o poměrně složitou techniku, a to i přesto, že právě Taylor a spol.¹⁹ tento výkon (*cirkumkluzi* aortální chlopně) provedli už v roce 1955, jako prakticky první zachovnou operaci regurgitující aortální chlopně. Obtížnost tohoto úkolu spočívá v tom, že vlastní aortální anulus (virtuální bazální prstenec) je pouze myšlenou, nikoliv anatomickou strukturou. Tato oblast je vnořena v srdci a chirurgický přístup k ní vyžaduje opatrnou preparaci mezi kořeny velkých tepen a odstupy obou věnčitých tepen. V současné době se jedná stále o velmi heterogenní skupinu chirurgických technik, které se nadále vyznačují asi nejmenší standardizovaností a reprodukovatelností z celého spektra technik zachovných operací aortální chlopně.

Dodnes se velmi často stále využívá již výše zmiňovaná technika interní anuloplastiky aortální chlopně popsaná Cabrolem a spol.²¹ V oblasti subkomisurálních trojúhelníků se nakládá steh a ten je následně dotažen. Při naložení stehu do všech třech komisur dochází k výrazné redukci aortálního anulu. V různých modifikacích se tato anuloplastika stále v hojném počtu používá i na některých významných pracovištích (Obr. 18, 25).^{27,28,73,89,90} Přestože je tato technika poměrně efektivní, má také nevýhody. Těmi jsou, že postihuje anulus pouze v úrovni komisur a tím nekontroluje velikost a tvar celého anulu. Dlouhodobě proto tato technika má tendenci k selhávání.^{26,91}

Haydar použil k provedení interní anuloplastiky proužky z autologního perikardu, fixované v roztoku glutaraldehydu, všité pokračujícím stehem z aortální strany podél úponů cípů chlopně.⁷² Skutečnou subvalvární fixaci aortálního průsvitu prováděl Izumoto pomocí PTFE proužku fixovaného ve výtokovém traktu LK pomocí transanulárně kotvených U-stehů.⁹²

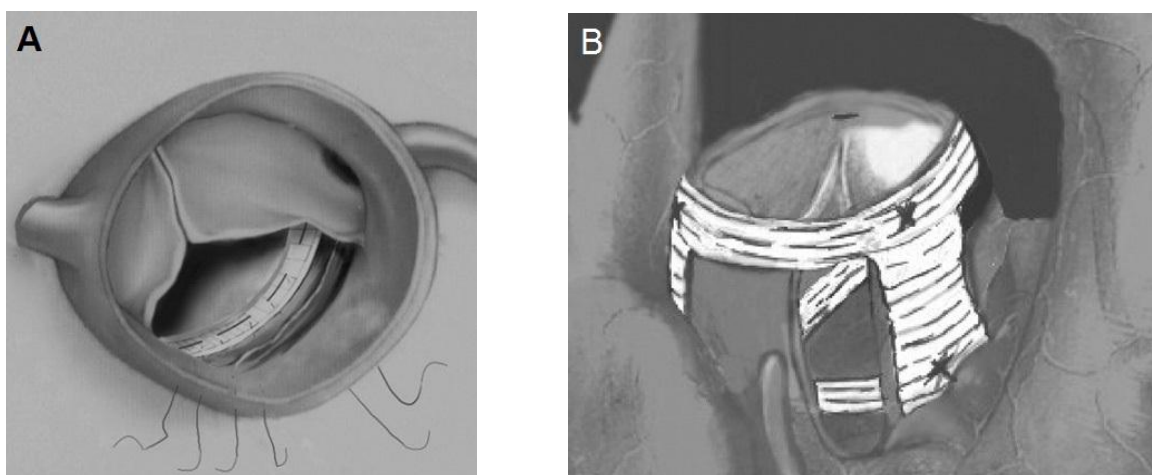
Obrázek 25. Peroperační fotografie zobrazující tři fáze tzv. subkomisurální plikace aortálního anulu podložkovým stehem, která zmenšuje jeho průměr. Modifikovaná technika dle Cabrola.²¹ Převzato od Vojáčka a spol.⁸⁸



Hahm navrhl techniku, kde redukuje jak STJ, tak aortální anulus „sendvičovým“ všitím mezi intra- a extraluminálně umístěné teflonové pásky.⁹³ Podobně, od roku 2003 používá Fattouch a spol.⁹⁴ novou anuloplastickou techniku, která má za úkol redukovat obě komponenty FAA, tzn. STJ a bazální anulus. Jednotlivými U-stehy implantuje intraluminálně v úrovni bazálního anulu vlastnoručně upravený prstenec (Simplici-T band; Medtronic, Minneapolis, Minnesota, USA) (Obr. 26A). Dále implantuje pokračujícím stehem vlastnoručně z dakronové protézy vyrobený prstenec ve tvaru trojhroté koruny

zevně do oblasti STJ a tři proužky (hroty koruny) potom fixuje k intraluminálnímu prstenci v oblasti aortální báze (Obr. 26B). V roce 20011 zveřejnil výsledky 45 pacientů, u kterých byla provedena tato plastika. Výsledky jsou povzbuzující, nicméně se jedná zatím o krátké sledování a malý počet pacientů.

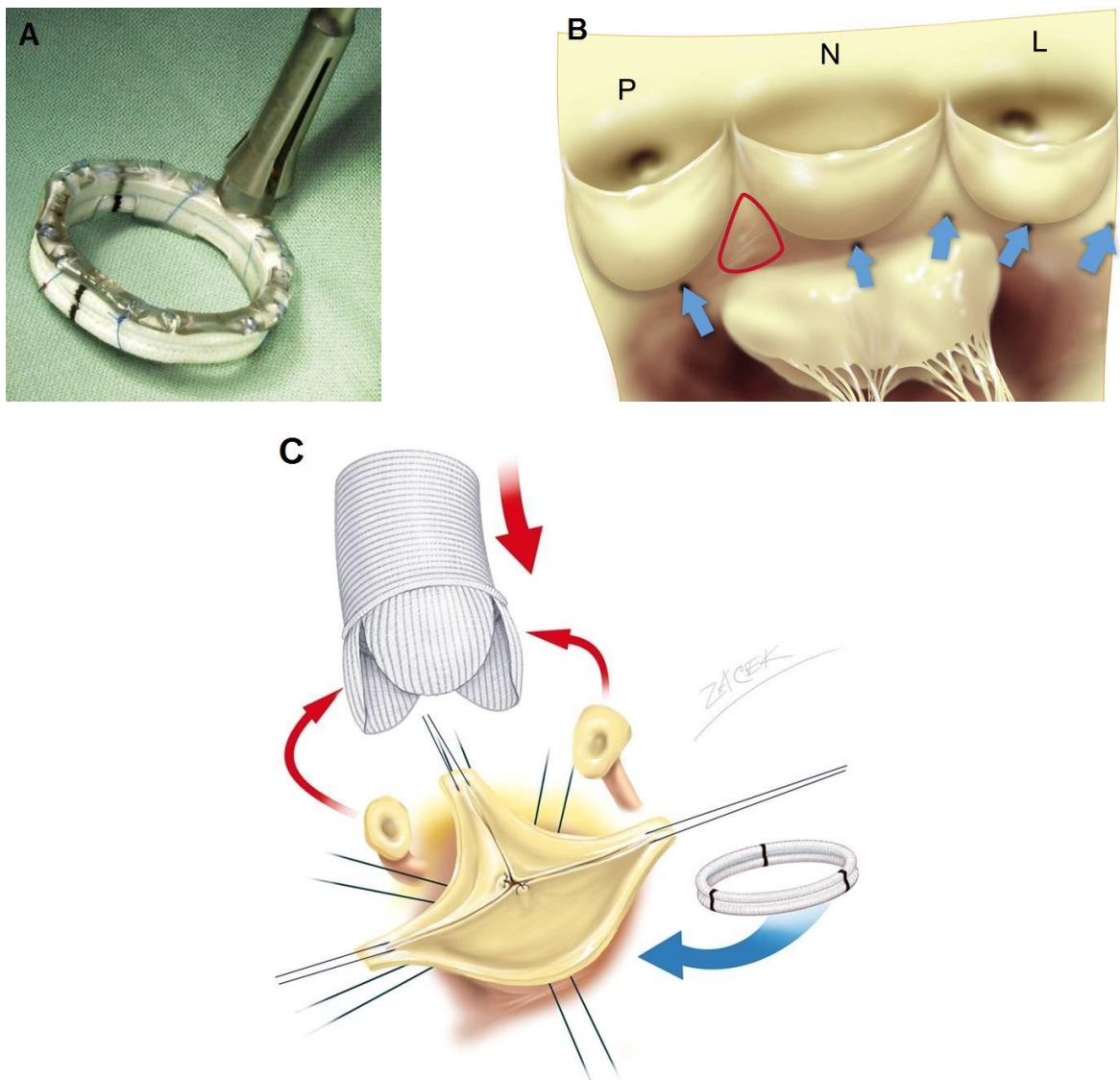
Obrázek 26. (A) Ilustrace zobrazující vlastnoručně upravený prstenec implantovaný jednotlivými U-stehy v úrovni bazálního anulu. (B) Ilustrace zobrazující zevně implantovaný vlastnoručně z dakronové protézy vyrobený prstenec ve tvaru trojhroté koruny do oblasti STJ a tři proužky (hroty koruny) fixované k intraluminálnímu prstenci v oblasti aortální báze. Výřezem v oblasti levého Valsalvského sinu je vidět intraluminálně implantovaný prstenec do oblasti bazálního prstence. Převzato od Fattoucha a spol.⁹⁴



V roce 2005 představili Lansac a spol. velmi slibnou koncepci externího aortálního anuloplastického prstence.⁹⁵ Celá koncepce je postavena na velkých zkušenostech autora v oblasti dynamické anatomie aortálního kořene.^{49,50,54,55} Prstenec CORONÉO Extra-Aortic (Coronéo, Inc., Montreal, Quebec, Kanada) je tvořen dvěma elastickými silikonovými kroužky v polyesterovém opletení (Obr. 27A). Aortální báze je tak prstencem redukována na stanovenou velikost, ale zároveň je umožněna systolická expanze průměru o 10 % (pulzatility). Původně byl prstenec vyráběn pouze v uzavřené formě a používán k remodelaci aortálního kořene. Pro zjednodušení a standardizaci volby správné velikosti zavedl Lansac postup založený na jediném rozměru (*diameter-based*), a to na vnitřním průměru aortálního ústí, zjištěného sondáží Hegarovým dilatátorem. Pro konkrétně změřenou hodnotu se volí prstenec o číslo menší, zatímco průměr cévní protézy pro remodelaci se speciálně tvarovaným úsekem imitujícím Valsalvské sinu, odpovídá změřenému průměru.⁵⁹ Vlastní implantace je snadná a reprodukovatelná a navazuje na klasickou preparaci před remodelaci aortálního kořene. Po uvolnění proximálních úseků

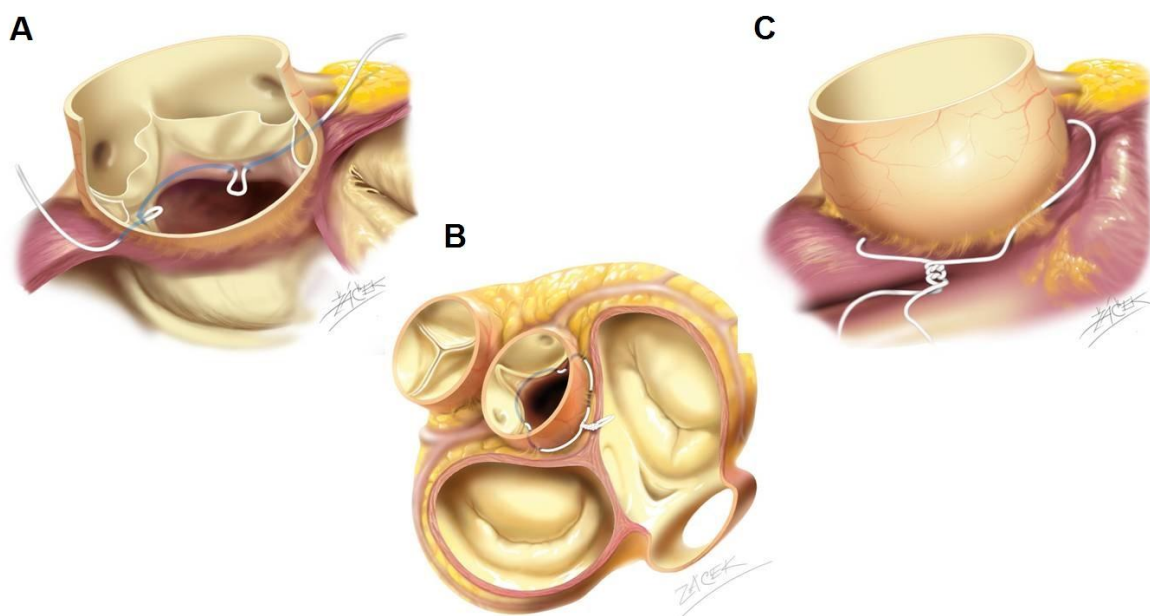
věnicích tepen a excizi stěny Valsalvských sinů se zakládá 5, v poslední době i 6 U-stehů s podložkou z lumina aorty k pozdějšímu ukotvení aortálního prstence (Obr. 27B). Stehy jsou umístěny v standardně definovaných bodech (Obr. 27C). V současné době existuje již i otevřená forma prstence, kdy nemusí být odpojeny a následně reimplantovány věnicí tepny. Tento prstenec lze zároveň použít i k remodelaci STJ. Krátko- a střednědobé sledování ukázalo velmi dobré výsledky.⁵⁹ Vzhledem k propracované koncepci a standardizaci metody se jeví tato technika do budoucna velmi slibně.

Obrázek 27. (A) Elastický prstenec CORONÉO Extra-Aortic (Coronéo, Inc., Montreal, Quebec, Kanada) v držáku. (B) Místa v rovině anulární báze pro zakládání matracových stehů k ukotvení externího anulárního prstence. (C) Schéma principu remodelace doplněné o implantaci externího anuloplastického prstence. Převzato a modifikováno dle Žáčka a spol.²⁵ P, N, L – pravý koronární, nekoronární a levý koronární Valsalvský sinus; Červený trojúhelník – oblast atrioventrikulárního septa.



Poměrně nově provádí Schäfers a spol. anuloplastiku aortální báze silným PTFE stehem (Gore-Tex CV-0; WL Gore and Associates, München, Německo) zaváděným napůl intraluminálně a napůl extraluminálně. Tento steh probíhá svalovým septem a vyhýbá se septu membranóznímu (Obr. 28). Jedná se principiálně o velmi jednoduchou anuloplastiku, která má však svou určitou chirurgickou náročnost. V poslední době byly publikovány velmi dobré střednědobé výsledky této techniky, provedené jako doplněk záchovné operace bikuspidní aortální chlopně u velkého počtu pacientů.⁷⁷

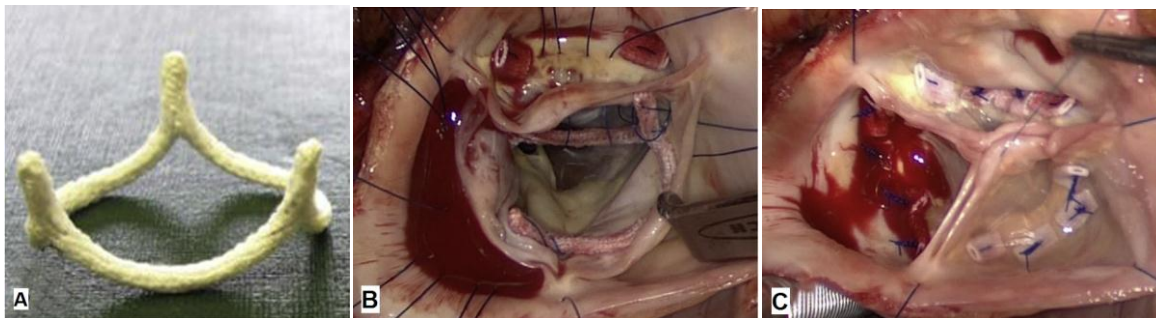
Obrázek 28. (A) Ilustrace zobrazující vedení stehové anuloplastiky svalovým septem (intraluminálně) a (B) vyhnutí se membranóznímu septu (extraluminálně). (C) Dokončená anuloplastika aortální báze silným PTFE stehem. Převzato od Žáčka a spol.²⁵



Úplně novou technikou je implantace geometrického anuloplastického prstence. Aortální anuloplastický prstenec HAART 300 (Hemispherical Aortic Annuloplasty Reconstructive Technology; BioStable Science and Engineering, Inc, Austin, Texas, USA) je vysoustružen z jednoho kusu titanu a potažen dakronem (Obr. 29A).⁹⁶ Jeho design vychází z matematických studií anatomie⁹⁷ a CT-angiografie⁹⁸ normální trojcípé aortální chlopně a cílem je zmenšení velikosti eliptického tvaru normálního aortálního anulu (definovaný v tomto případě jako fibrózní anulus nebo místo úponů cípů aortální chlopně⁹⁷). Kvalita této koncepce byla potvrzena testováním na zvířecím modelu⁹⁹ a následně byly zveřejněny krátkodobé výsledky implantace u malého počtu pacientů.^{96,100} Jedná se o interní anuloplastický prstenec, který se implantuje pomocí 9 monofilamentních podložkovaných stehů (Obr. 29B). Jeden se nakládá vždy do oblasti komisury, podobně

jako u modifikovaného subkomisurálního stehu dle Cabrola²¹, a vždy 2 se nakládají okolo těla prstence a vypichují skrz úpon aortální chlopně do *nadiru* aortální strany příslušného cípu. Zde se uzlí přes dakronovou podložku (Obr. 29C). Jedná se o velmi slibnou koncepci, která však musí teprve být potvrzena dlouhodobými výsledky. Jedinou nevýhodou je, že v této podobě je prstenec použitelný pouze pro trojcípou aortální chlopeň.

Obrázek 29. (A) Geometrický aortální anuloplastický prstenec HAART 300 (Hemispherical Aortic Annuloplasty Reconstructive Technology; BioStable Science and Engineering, Inc, Austin, Texas, USA). (B) Peroperační fotografie implantace prstenece s třemi naloženými podložkovanými stehy v komisurách a čtyřmi stehy naloženými okolo těla prstence a vypíchnutými skrz úpon aortální chlopně do *nadiru* aortální strany pravého a levéhokoronárního cípu. (C) Po dotažení všech 9 stehů přes podložku je aortální chlopeň plně kompetentní a implantovaný prstenec není z aortální strany viditelný. Převzato od Mazzitelliho a spol.¹⁰⁰



Mnoho dalších návrhů a koncepcí různých anuloplastik aortální chlopně jsou zatím, nebo zůstaly pouze v experimentální podobě.¹⁰¹⁻¹⁰⁴

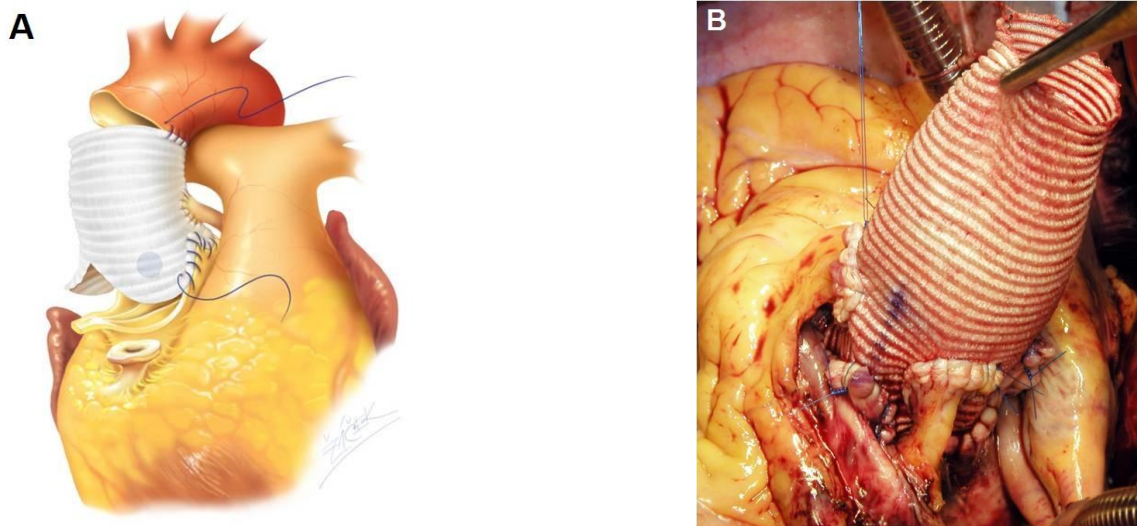
1.6.3 Náhrady aortálního kořene se zachováním aortální chlopně (*aortic valve-sparing operations*)

Při dilataci aortálního kořene se používají dvě základní a velmi rozšířené techniky záchovných operací aortální chlopně (tzv. *aortic valve-sparing operations*): remodelace aortálního kořene podle Yacoub a reimplantace aortální chlopně podle Davida.^{70,71}

Od roku 1978 používá Yacoub a spol. techniku remodelace dystrofického aortálního kořene.^{70,105} Při této operaci se nejprve z dilatovaného kořene aorty vystříhnou terčiky obou věnčitých tepen a odstraní se veškerá patologicky změněná stěna aorty kromě úzkého asi 5 mm lemu podél linie semilunárních úponů aortální chlopně. K náhradě kořene se používá cévní dakronová protéza, která se nastříhne tak, že vytváří tři „*neosiny*“. Takto upravená protéza se přišije pomocí tří pokračujících monofilamentních 4-0 polypropylenových stehů ke zbytku cévní stěny podél úponů aortální chlopně.

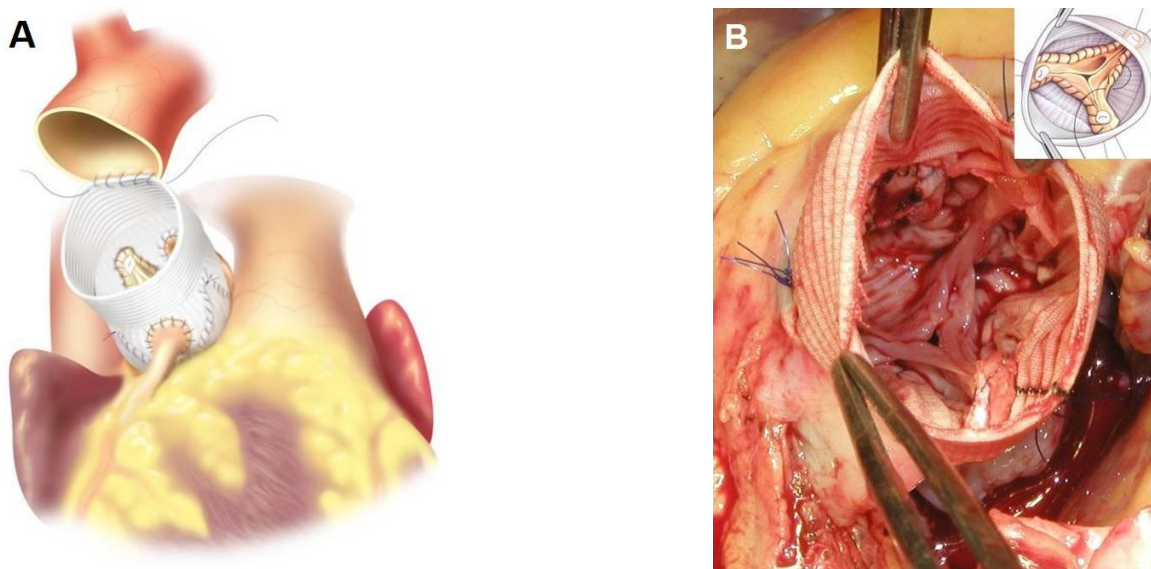
Nakonec se do protézy reimplantují terčíky s ústími obou věnčitých tepen a periferní konec protézy se následně napojí na vzestupnou aortu (Obr. 30).

Obrázek 30. (A) Schéma remodelace aortálního kořene podle Yacouba. (B) Peroperační fotografie zobrazující remodelaci aortálního kořene podle Yacouba, do protézy jsou již reimplantovány obě věnčité tepny. Převzato (A) od Dominika a Žáčka⁶⁶ a (B) od Vojáčka a spol.⁸⁸



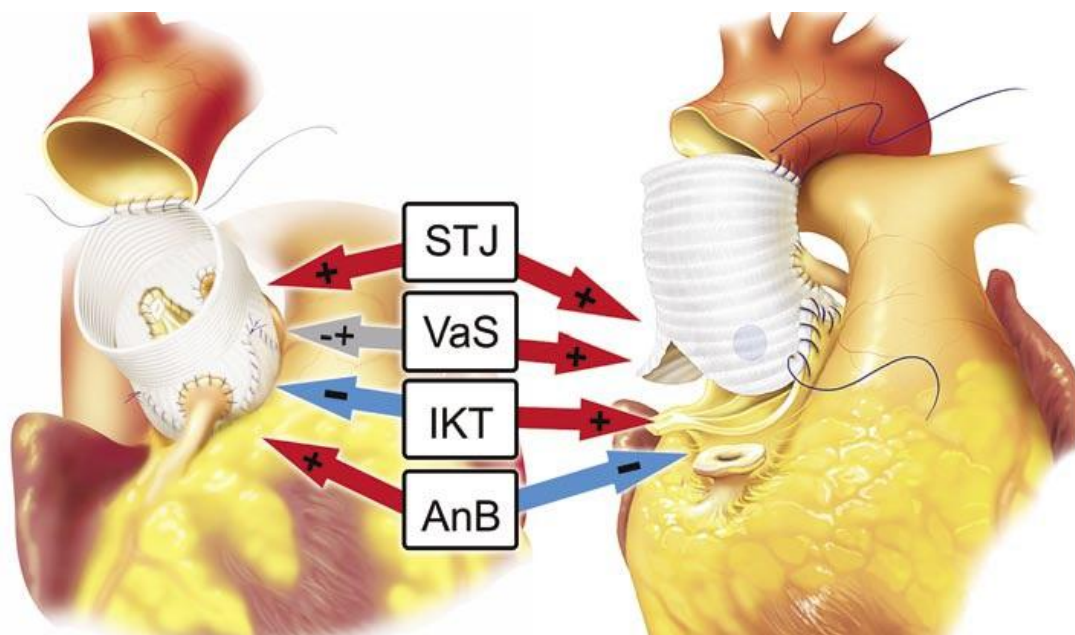
Reimplantace aortální chlopně, i když ji David a spol.⁷¹ začali provádět o deset let později, se stala velkým konkurentem remodelace aortálního kořene podle Yacouba. Podobně jako u remodelace, tak i při této operaci se nejprve z dilatovaného kořene aorty vystříhnou terčíky obou věnčitých tepen a odstraní veškerá patologicky změněná stěna aorty kromě úzkého asi 5 mm lemu podél linie semilunárních úponů aortální chlopně. Do oblasti aortálního anulu se postupně nakládají 3-0 nebo 4-0 polyfilamentní U-stehy. Stehy se vpichují zevnitř vně, proximálně od úponu aortální chlopně, tedy ještě v části výtokového LK. K náhradě kořene aorty se používá cévní dakronová protéza, do které se naloží stehy ukotvené ve výtokovém traktu LK. Po jejich dotažení se celá aortální chlopeň, včetně aortálního anulu, ocitne uvnitř protézy. Zde se jednotlivé komisury připevní v požadované výšce tak, aby chlopeň dobře domýkala. Ponechaný lem aortální stěny se přišíje do protézy pomocí 3 pokračujících monofilamentních 4-0 polypropylenových stehů. Nakonec se do protézy reimplantují terčíky s ústími obou věnčitých tepen a periferní konec protézy se následně napojí na vzestupnou aortu (Obr. 31).

Obrázek 31. (A) Schéma reimplantace aortální chlopně podle Davida. (B) Peroperační fotografie zobrazující reimplantovanou aortální chlopeň do dakronové protézy. V pravém horním rohu schematický náčrt reimplantace. Převzato (A) od Dominika a Žáčka⁶⁶ (B) vlastní fotodokumentace.



Oba operační postupy, zejména však Davidova operace, prošly řadou modifikací, které se zaměřovaly na „slabá“ místa jednotlivých koncepcí (Obr. 32).²⁵

Obrázek 32. Konceptní rozdíly mezi technikou reimplantace (vlevo) a remodelace (vpravo). Srovnání výhod (+) a nevýhod (-) u jednotlivých prvků rekonstrukce v různých úrovních aortálního kořene: STJ – remodelace sinotubulární junkce; VaS – vytvoření „Valsalvských“ sinů; IKT – zachování extenzibility v oblasti subkomisurálních trojúhelníků; AnB – redukce a fixace průměru anulární báze. Převzato od Žáčka a spol.²⁵



Výhodou remodelace aortálního kořene je o něco kratší doba operace a fyziologičtější výsledná geometrie a zejména hemodynamika aortálního kořene. Jednotlivé laloky cévní protézy se mohou vyklenovat do stran a tak imitovat funkci Valsalvských sinů, což je v současné době navíc usnadněno použitím cévních protéz se speciálně vytvarovanou částí odpovídající Valsalvským sinům (např. Vascutek Gelweave ValsalvaTM; Terumo, Cardiovascular Systems Corporation, Ann Arbor, Michigan, USA).¹⁰⁶ Ponechání vlastní tkáně v subkomisurálních trojúhelníčkách mezi jednotlivými cípy naopak umožňuje dynamickou expanzi aortálního kořene v průběhu systoly. Tento fakt byl potvrzen několika experimentálními *in vitro*^{107,108}, ale i klinickými studiemi¹⁰⁹⁻¹¹¹ a to i s použitím tzv. Valsalvské protézy.^{106,112} Z dlouhodobého hlediska je největší nevýhodou absence stabilizačního prvku, který by zabránil pozdní následné dilataci aortálního anulu a obnovení aortální nedomykavosti.^{77,113-115} Tyto důvody vedly několik chirurgů, tuto tzv. Achillovu patu remodelace aortálního kořene řešit tím, že se snaží stabilizovat anulus různými anuloplastikami (Obr. 25, 27B, 28, 29).^{27,28,73,77,89,90,95,96,116} Výsledky těchto výkonů jsou potom poměrně dobré a do budoucna slibné.^{59,77,100} Naproti tomu Davidova operace je pracnější o jednu suturovou linii v oblasti aortálního kořene, ale o to bezpečnější stran krvácení z této oblasti.¹¹⁰ Základní koncepční rozdíl je v tom, že aortální chlopeč je vtažena a pevně fixována do cévní protézy a to zcela rovné, jako u originálního návrhu⁷¹, či s různě chirurgicky^{113,117-120} nebo prefabrikovaně^{110,112} vytvořeným vyklenutím v oblasti kořene. Celý kořen tedy nemá možnost pulzatilní expanze.^{107,108,112} Při absenci fyziologické reologie v oblasti odpovídající Valsalvským sinům a na základě echokardiografického průkazu kontaktu chlopenních cípů s pevnou stěnou cévní protézy lze spekulovat o větším namáhání a opotřebením cípů zachované aortální chlopně.^{109,111,112} Přes vše zde zmíněné stále spíše převažuje názor, že dlouhodobé výsledky zejména stran recidivy aortální regurgitace jsou lepší u reimplantace aortální chlopně.^{113,114,121,122} Z tohoto důvodu je například u pacientů s Marfanovým syndromem na většině pracovišť reimplantace aortální chlopně metodou volby.^{122,123}

2 CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE

1. Zpracování a vyhodnocení krátko- a střednědobých výsledků zachovných operací aortální chlopně u pacientů s aortální insuficiencí, se zaměřením na přežívání, reoperaci aortální chlopně a recidivu/progresi aortální insuficience.
2. Zkoumání vlivu typu aortální chlopně (bikuspidní nebo trikuspidní) na krátko- a střednědobé výsledky zachovných operací aortální chlopně u pacientů s aortální insuficiencí, se zaměřením na přežívání, reoperaci aortální chlopně a recidivu/progresi aortální insuficience.
3. Zkoumání vlivu typu zachovné operace (bez výkonu a s výkonem na aortálním kořeni) na krátko- a střednědobé výsledky zachovných operací aortální chlopně u pacientů s aortální insuficiencí, se zaměřením na přežívání, reoperaci aortální chlopně a recidivu/progresi aortální insuficience.
4. Zhodnocení efektivity a pulzatility externí aortální anuloplastiky prstencem na malé podskupině pacientů pomocí kardio-CT.

Základní hypotéza výzkumu: zachovné operace aortální chlopně jsou bezpečné a reprodukovatelné chirurgické postupy vykazující přijatelné krátko- a střednědobé výsledky u pacientů s aortální insuficiencí.

3 METODIKA

3.1 Soubor nemocných

Od listopadu 2007 do října 2012 bylo na Kardiochirurgické klinice Fakultní nemocnice Hradec Králové a Lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Hradci Králové operováno celkem 100 pacientů, u kterých byla provedena záchovná operace aortální chlopně. Tito pacienti byli zařazeni do studie. Děti a dospělí se stenotickou aortální chlopní byli ze studie vyřazeni. Dále byli vyřazeni pacienti s regurgitující aortální chlopní, která byla peroperačně posouzena jako nevhodná k záchovnému výkonu.

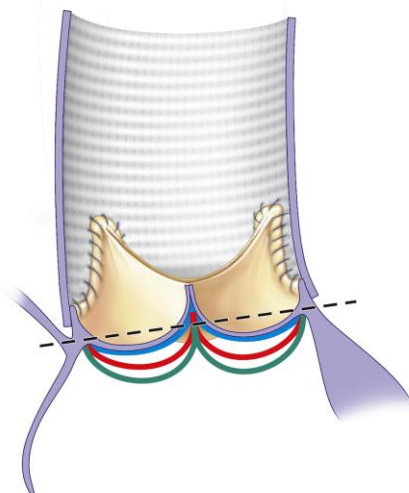
Pro potřeby dílčí studie byl soubor pacientů rozdělen dle typu aortální chlopně: pacienti s bikuspidní aortální chlopní (n = 60) a pacienti s trikuspidní aortální chlopní (n = 40).

3.2 Klinické údaje a sledování pacientů

Před operací byly od všech pacientů získány standardní anamnestické a klinické údaje. Zároveň byla u všech pacientů provedena transezofageální echokardiografie (TEE). Za účelem posouzení rozsahu dilatace aorty byla u některých pacientů provedena také aortografie nebo angio-CT vyšetření. K posouzení bezprostředního výsledku záchovné operace bylo rutinně prováděno peroperační TEE vyšetření. Aortální regurgitace byla klasifikována následovně: stupeň 0 – žádná/stopová, stupeň I – triviální, stupeň II – mírná, stupeň III – středně těžká a stupeň IV – těžká. V rámci TEE byl také posuzován typ koaptace aortální chlopně, tak jak bylo popsáno Pethigem a spol.¹²⁴ Typ A – dolní okraj koaptační linie je ≥ 2 mm nad úrovní aortálního anulu (nebo uvnitř protézy při náhradě aortálního kořene), typ B – dolní okraj koaptační linie je v úrovni aortálního anulu (nebo lehce pod úrovní protézy při náhradě aortálního kořene) a typ C – dolní okraj koaptační linie je ≥ 2 mm pod úrovní aortálního anulu (nebo ≥ 2 mm pod úrovní protézy při náhradě aortálního kořene) (Obr. 33).

Všichni pacienti zařazení do studie byli pravidelně sledováni v ambulanci naší kliniky. V rámci kontroly bylo provedeno klinické a transtorakální echokardiografické (TTE) vyšetření.

Obrázek 33. Ilustrace zobrazující typ koaptace aortální chlopně posuzovaný echokardiografií. Typ A – dolní okraj koaptační linie je ≥ 2 mm nad úrovní aortálního anulu (nebo uvnitř protézy při náhradě aortálního kořene), typ B – dolní okraj koaptační linie je v úrovni aortálního anulu (nebo lehce pod úrovní protézy při náhradě aortálního kořene) a typ C – dolní okraj koaptační linie je ≥ 2 mm pod úrovní aortálního anulu (nebo ≥ 2 mm pod úrovní protézy při náhradě aortálního kořene). Převzato a modifikováno dle Pethiga a spol.¹²⁴



3.3 Chirurgická technika

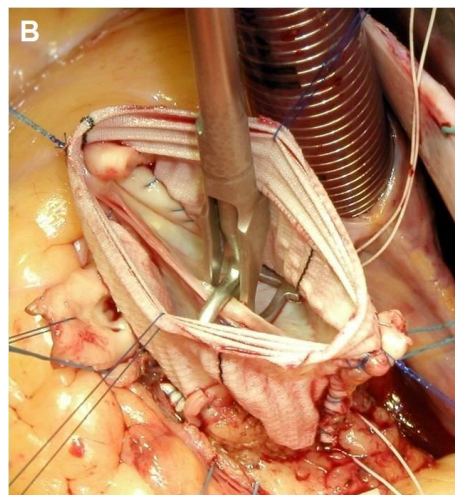
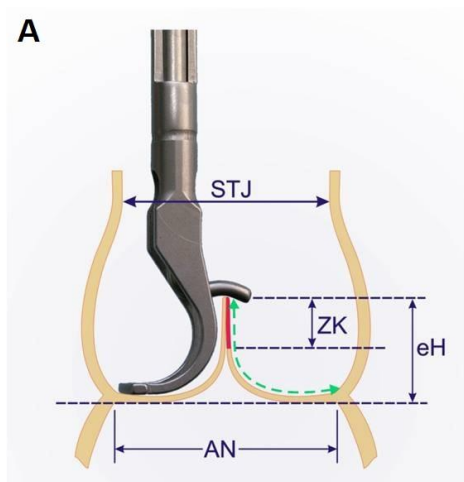
Všechny operace byly provedeny v celkové anestézii ze střední sternotomie s použitím mimotělního oběhu. Mimotělní oběh byl zaveden standardní žilní kanylací, tzv. dvoucestnou kanylou, přes ouško pravé síně do dolní duté žíly. Arteriální kanyla byla zavedena buď do vzestupné aorty, femorální nebo podklíčkové tepny dle rozsahu distálního postižení aorty. Po naložení svorky na aortu, příčné aortotomii a aplikaci studené krevní kardioplegie selektivně do ústí věnčitých tepen byla provedena expozice a inspekce aortální chlopně. Při kontrole bylo rozhodnuto o možnosti rekonstrukce aortální chlopně. Posouzeny byly cípy chlopně na poddajnost a přítomnost restrikce či větších degenerativních změn. Přítomnost zanedbatelných centrálních či parakomisurálních fenestrací nebyla považována za kontraindikaci k zachování chlopně. Od roku 2009 byla systematicky u každé chlopně provedena podrobná analýza zaměřující se na kvantitu a kvalitu tkáně cípů chlopně. Její součástí je měření geometrické výšky (gH) cípu pomocí měřítka (Ruler MNV-0; Fehling Instruments, Karlstein, Německo) a měření efektivní výšky cípu (eH) aortálním kaliperem (MSS-1; Fehling Instruments, Karlstein, Německo) (Obr. 34, 35A, B). Sinotubulární junkce, kořen aorty a aortální anulus (anulární báze) byly

posuzovány z hlediska velikosti (dilatace) pomocí Hegarových dilatátorů. Dále byla hodnocena kvalita tkáně stěny aorty.

Obrázek 34. Fotografie aortálního kaliperu, pomocí něhož se měří efektivní výška cípu aortální chlopně. Převzato a modifikováno dle Vojáčka a spol.¹²⁵



Obrázek 35. (A) Schéma aortálního kořene se zavedeným aortálním kaliperem, pomocí něhož se měří efektivní výška cípu aortální chlopně. (B) Peroperační fotografie použití aortálního kaliperu k měření efektivní výšky cípu v rámci analýzy bikuspidní aortální chlopně po provedené remodelaci kořene aorty. Převzato a modifikováno (A) dle Schäferse a spol.⁴⁶ (B) vlastní fotodokumentace. AN – aortální anulus; eH – efektivní výška cípu; STJ – sinotubulární junkce; ZK – zóna koaptace; Zelená čárkovaná čára s šipkami znázorňuje geometrickou výšku cípu.



V průběhu času jsme používali různé výkony na cípech aortální chlopně (plastiky). Zpočátku byla prováděna resuspenze (vyztužení) volného prolabujícího okraje cípu tenkým pokračujícím PTFE stehem (Obr. 20). Od roku 2009 byla ve většině případů provedena jednoduchá centrální plikace volného prolabujícího okraje cípu s resuspenzí

efektivní výšky cípu na 9–10 mm ve snaze odstranit reziduální nebo indukovaný prolaps (Obr. 19A, B). U nemocných s bikuspidní aortální chlopní s kalcifikovaným *raphe* fúzovaného cípu byla provedena triangulární resekce tohoto *raphe* a následná sutura, buď přímým stehem nebo s použitím záplaty z autologního perikardu ošetřeného 1,5 % glutaraldehydem (Obr. 22A, B). Pokud byl přítomen pouze rozštěp (tzv. *cleft*) fúzovaného cípu bikuspidní chlopně, byla provedena sutura, buď přímým stehem (Obr. 21 A,B) nebo s použitím záplaty z autologního perikardu ošetřeného 1,5 % glutaraldehydem (Obr. 22B). Výjimečně bylo provedeno snesení kalcifikací, tzv. *shaving*, ať už kalcifikovaného *raphe* nebo kdekoliv jinde na cípu. U pacientů s unikuspidní aortální chlopní (typ 2 v klasifikaci bikuspidních chlopní dle Sieverse a Schmidtke⁴²) byla provedena tzv. bikuspidizace chlopně (Obr. 23).^{43,82}

V případě dilatace vzestupné aorty ≥ 50 mm byla vždy provedena její náhrada cévní protézou, buď izolovaně (suprakoronární náhrada) (Obr. 24), nebo v kombinaci s náhradou kořene aorty při dilataci kořene aorty v oblasti Valsalvských sinů ≥ 50 mm. Náhrada aortálního kořene se zachováním aortální chlopně byla provedena technikou remodelace popsanou Yacoubem a spol.^{70,105} (Obr. 30) nebo reimplantací aortální chlopně podle Davida a spol.⁷¹ (Obr. 31). V případě dilatace aortálního anulu ≥ 27 mm byla zpočátku prováděna modifikovaná subkomisurální plikace aortálního anulu, kterou popsali Cabrol a spol.²¹ (Obr. 18, 25). Později byla prováděna anuloplastika stehem z PTFE podle Schäferse a spol.⁷⁷ (Obr. 28) u pacientů bez výkonu na kořeni aorty nebo implantace externího anuloplastického prstence u pacientů s remodelací kořene aorty, jak ji navrhli Lansac a spol.⁹⁵ (Obr. 27).

3.4 Zhodnocení efektivity externí aortální anuloplastiky

Od října 2010 do června 2012 byla u 25 pacientů z naší studijní populace provedena remodelace aortálního kořene s implantací externího anuloplastického prstence CORONÉO Extra-Aortic.

Podskupina 9 mužů, kteří podepsali informovaný souhlas, byla zařazena do dílčí studie. Tato byla schválena Etickou komisí Fakultní nemocnice Hradec Králové (Stanovisko – čj. 201112 SO5P) dne 08. 11. 2011. U těchto pacientů bylo jeden den před operací a jeden týden po operaci provedeno kontrastní multidetektorové kardio-CT vyšetření kořene aorty dle standardizovaného protokolu.^{126,127} Po získání tzv. dvojité šikmé příčné rekonstrukce virtuálního aortálního anulu (anulární báze) v systole a diastole^{126,127}

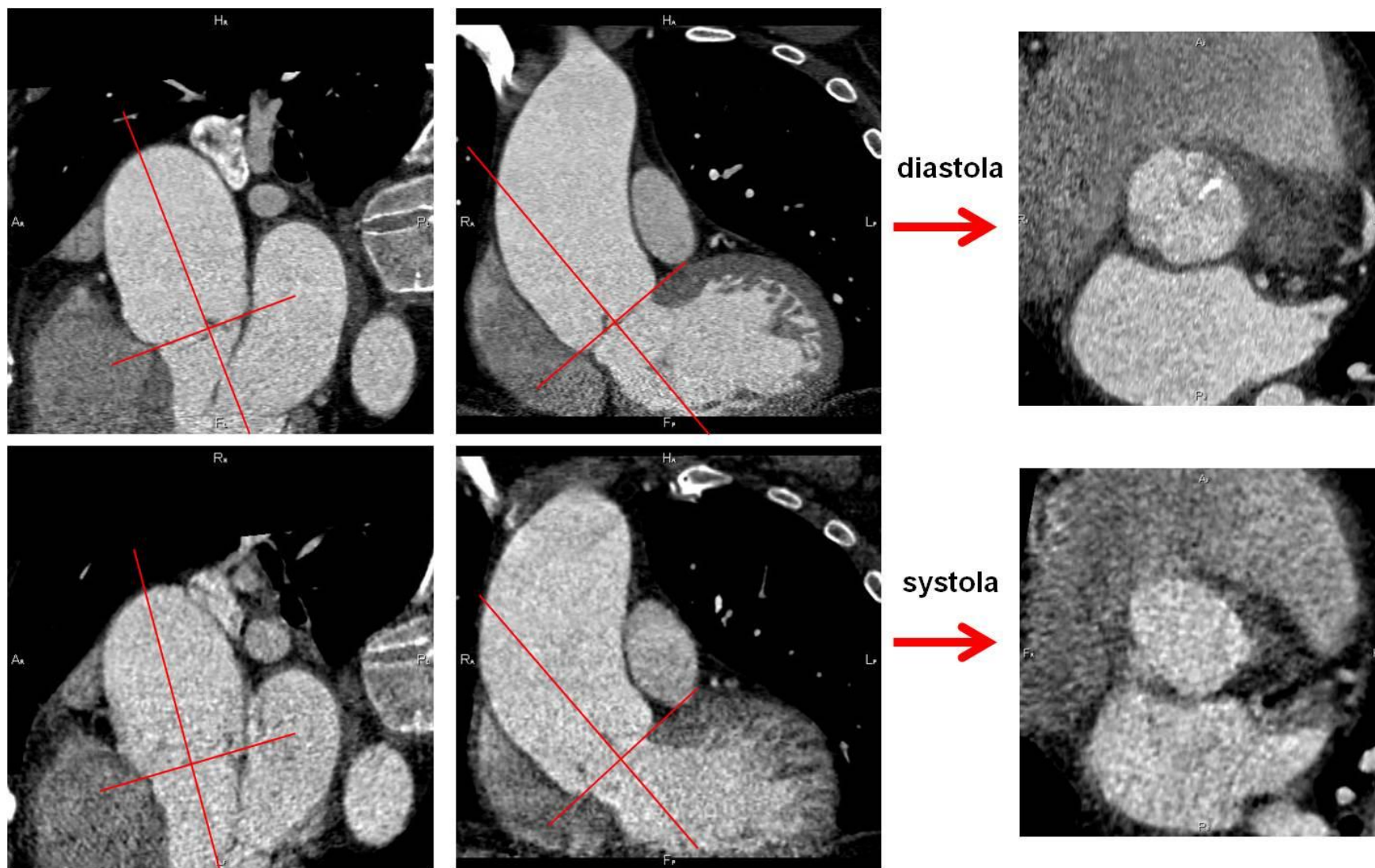
(Obr. 36) byly měřeny obvod a plocha anulární báze (Obr. 37). Zároveň byly u všech vyšetření provedeny 3D rekonstrukce aortálního kořene a vzestupné aorty (Obr. 38).

3.5 Zpracování získaných dat a jejich statistická analýza

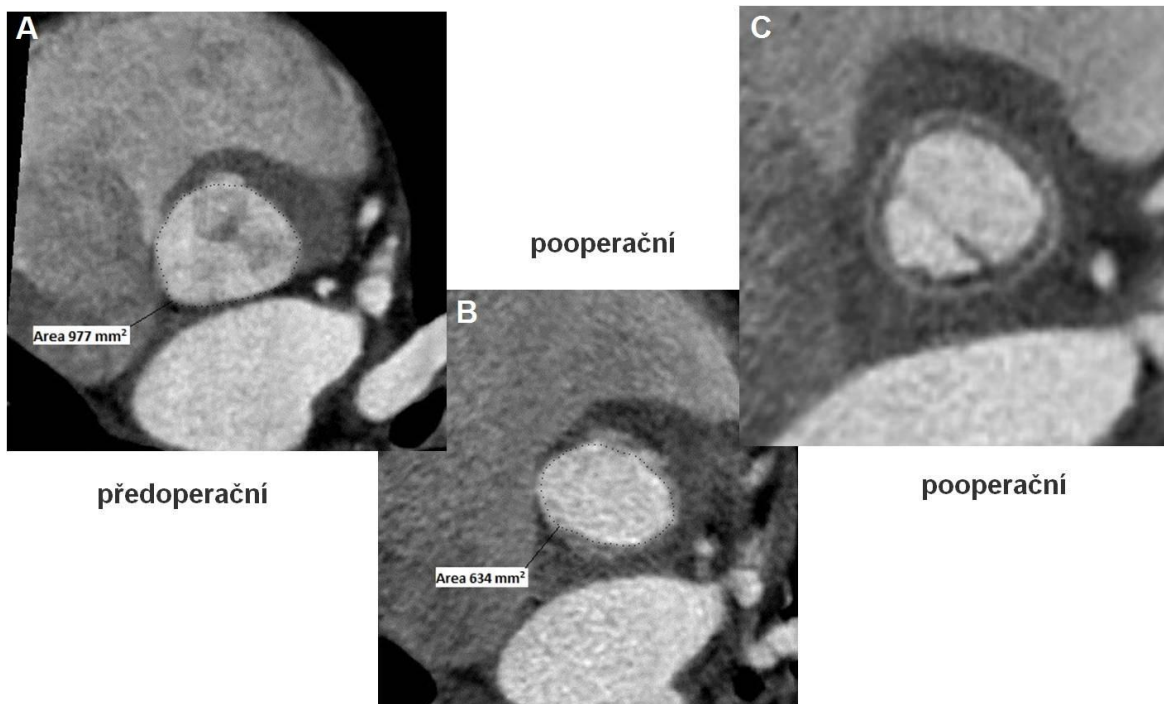
Získané anamnestické a klinické údaje pacientů byly prospektivně ukládány do společné databáze vytvořené v programu Excel (MS Office Excel 2007; Microsoft, Redmond, Washington, USA) a umístěné na serveru Kardiochirurgické kliniky Fakultní nemocnice Hradec Králové. Data byla následně seřazena, zpracována a statisticky analyzována.

Všechny výsledky spojené s výkonem na srdeční chlopni byly definovány dle publikovaných doporučených postupů.¹²⁸ Kontinuální a diskrétní proměnné jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka (SD) nebo jako medián a variační rozpětí (*range*), pokud neměla data normální rozložení. Kategorické a ordinální proměnné jsou uvedeny formou absolutní či relativní (%) četnosti výskytu. Kontinuální a diskrétní proměnné byly porovnány párovým a dvouvýběrovým *t*-testem nebo Mann-Whitneyovým testem, pokud neměla data normální rozložení. Kategorické a ordinální proměnné byly porovnány Pearsonovým *chi*-kvadrátovým testem nebo Fischerovým exaktním testem, pokud byla četnost v jedné nebo obou skupinách nižší než 5. Pravděpodobnost doby do vzniku události (tzv. *freedom-from-event*) byla vypočtena Kaplan-Meierovou metodou. Křivky doby do vzniku události (tzv. *freedom-from-event*) byly porovnány pomocí log-rank testu. Za statisticky významnou byla považována hodnota $p < 0,05$. Statistická analýza byla provedena programem IBM® SPSS® Statistics (verze 21.0.0.0 pro MS Windows; IBM Corporation, Armonk, New York, USA).

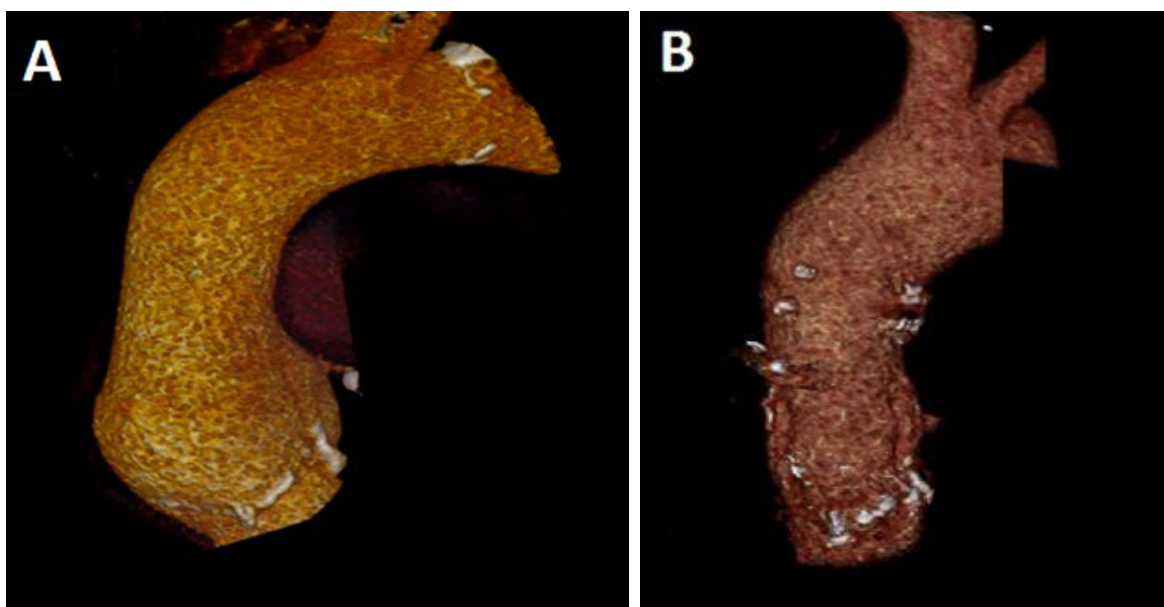
Obrázek 36. Série CT rekonstrukcí zobrazující získání tzv. dvojité šikmé příčné rekonstrukce virtuálního aortálního anulu v diastole (horní řada) a systole (dolní řada) proložením roviny kolmo na dlouhou osu šikmé koronární a šikmé sagitální rekonstrukce. Vlastní CT dokumentace.



Obrázek 37. (A) Předoperační CT obrázek zobrazující tzv. dvojité šikmou příčnou rekonstrukce virtuálního aortálního anulu v diastole u pacienta s bikuspidní aortální chlopní. Plocha aortálního anulu (aortální báze) byla měřena planimetricky. (B) Pooperační CT obrázek zobrazující tzv. dvojité šikmou příčnou rekonstrukci virtuálního aortálního anulu v diastole u stejného pacienta. (C) Pooperační CT obrázek zobrazující tzv. dvojité šikmou příčnou rekonstrukci v úrovni implantovaného extraaortického anuloplastického prstence. Vlastní CT dokumentace.



Obrázek 38. 3D CT rekonstrukce aortálního kořene a vzestupné aorty před (A) a po (B) provedené remodelaci aortálního kořene dle Yacoub a implantací extraaortického anuloplastického prstence u pacienta s trikuspidní aortální chlopní. Vlastní CT dokumentace.



4 VÝSLEDKY

4.1 Charakteristika souboru nemocných

4.1.1 Demografické údaje

Medián věku pacientů celého souboru byl 52 let (23–77 let), v souboru bylo 76 mužů a 24 žen. Všichni pacienti byli bílé rasy. Předoperační klinická data celého souboru pacientů jsou shrnuta v tabulce 3. Tabulka 4 uvádí stejná data, avšak rozdělená dle typu aortální chlopně (bikuspidní a trikuspidní).

Tabulka 3. Demografické a předoperační údaje celého souboru pacientů.

Počet pacientů (n)	100
Věk (roky) ^a	52 (23–77)
Ženy (n)	24
BMI ^b	28 ± 5
Hypertenze (n)	57
Ischemická choroba srdeční (n)	13
DM (n)	13
CHOPN (n)	10
Marfanův syndrom (n)	3
Disekce typu A (n)	1
Funkční třída NYHA (n)	
I	33
II	49
III	18
IV	0

^a Medián a variační rozpětí. ^b Průměr ± směrodatná odchylka. BMI – body mass index; DM – diabetes mellitus; CHOPN – chronická obstrukční bronchopulmonální nemoc; NYHA – New York Heart Association.

Tabulka 4. Demografické a předoperační klinické údaje rozdělené dle typu aortální chlopně.

	Bikuspidní	Trikuspidní	p-value
Počet pacientů (n)	60	40	
Věk (roky) ^a	45 (23–68)	59 (29–77)	0,211 ^b
Ženy (n)	11 (18,3 %)	13 (32,5 %)	0,104
Hypertenze (n)	27 (45,0 %)	30 (75,0 %)	0,003
ICHS (n)	4 (6,7 %)	9 (22,5 %)	0,023 ^c
Diabetes mellitus (n)	6 (10,0 %)	7 (17,5 %)	0,275
CHOPN (n)	5 (8,3 %)	5 (12,5 %)	0,496
Marfanův syndrom (n)	0	3 (7,5 %)	0,061 ^c
Funkční třída NYHA (n)			
I	24 (40,0 %)	9 (22,5 %)	0,022
II	30 (50,0 %)	19 (47,5 %)	
III	6 (10,0 %)	12 (30,0 %)	
IV	0	0	
^a Medián a variační rozpětí. ^b Data nevykazují normální rozložení – data porovnána Mann-Whitneyovým testem. ^c Při frekvenci nižší než 5 v jedné nebo obou skupinách – data porovnána Fischerovým exaktním testem. CHOPN – chronická obstrukční bronchopulmonální nemoc; ICHS – Ischemická choroba srdeční; NYHA – New York Heart Association.			

4.1.2 Předoperační echokardiografické údaje

Předoperační echokardiografická data celého souboru pacientů jsou shrnuta v tabulce 5. Tabulka 6 uvádí stejná data, avšak rozdělená dle typu aortální chlopně (bikuspidní a trikuspidní).

Tabulka 5. Předoperační echokardiografické údaje celého souboru pacientů.

Počet pacientů (n)	100
Bikuspidní aortální chlopeň (n)	60
Izolované postižení aortální chlopně (n)	33
Aortální regurgitace (stupeň; n)	
0 (žádná/stopová)	2
1 (triviální)	9
2 (mírná)	7
3 (střední)	13
4 (těžká)	69
Maximální průměr vzestupné aorty (mm) ^a	44 (30–86)
Mitrální regurgitace (stupeň 2 a vyšší; n)	15
EF levé komory (%; n) ^b	59 ± 10
> 50	80
30–50	19
< 30	1
End-systolický rozměr levé komory (mm) ^b	42 ± 8
Data nejsou k dispozici	3
End-diastolický rozměr levé komory (mm) ^b	59 ± 8
^a Medián a variační rozpětí. ^b Průměr ± směrodatná odchylka. EF – ejekční frakce.	

Tabulka 6. Předoperační echokardiografické údaje rozdělené dle typu aortální chlopně.

	Bikuspidní	Trikuspidní	p-value
Počet pacientů (n)	60	40	
Izolované postižení aortální chlopně (n)	27 (45,0 %)	6 (15,0 %)	0,002
Aortální regurgitace (stupeň; n)			
0 (žádná/stopová)	2 (3,3 %)	0	0,464
1 (triviální)	7 (11,7 %)	2 (5,0 %)	
2 (mírná)	4 (6,7 %)	3 (7,5 %)	
3 (střední)	6 (10,0 %)	7 (17,5 %)	
4 (těžká)	41 (68,3 %)	28 (70,0 %)	
Maximální průměr vzestupné aorty (mm) ^b	42 (30–69)	47 (30–86)	0,072 ^c
Mitrální regurgitace (stupeň 2 a vyšší; n)	7 (11,7 %)	8 (20,0 %)	0,253
EF levé komory (%; n)			
> 50	48 (80,0 %)	32 (80,0 %)	0,454
30–50	12 (20,0 %)	7 (17,5 %)	
< 30	0	1 (2,5 %)	
End-diastolický rozměr levé komory (mm) ^a	60 ± 8	57 ± 8	0,870

^a Průměr ± směrodatná odchylka. ^b Medián a variační rozpětí. ^c Data nevykazují normální rozložení – data porovnána Mann-Whitneyovým testem. EF – ejekční frakce.

4.2 Peroperační údaje

Peroperační údaje celého souboru pacientů jsou uvedeny v tabulkách 7 a 8. Echokardiografické peroperační údaje rozdělené dle typu aortální chlopně následně v tabulkách 9 a 10.

4.2.1 Chirurgická technika

U 33 pacientů (27/60 s bikuspidní a 6/40 s trikuspidní aortální chlopní) byla provedena izolovaná plastika aortální chlopně a výkon na kořeni aorty/ascendentní aortě byl proveden u 67 pacientů (33/60 s bikuspidní a 34/40 s trikuspidní chlopní). Náhrada kořene záchovnou operací aortální chlopně byla provedena u 41 pacientů (15/60 s bikuspidní a 26/40 s trikuspidní chlopní). Operace technikou dle Yacouba byla provedena u 30 pacientů (13/60 s bikuspidní a 17/40 s trikuspidní chlopní), technikou dle

Davida u 11 pacientů a izolovaná suprakoronární náhrada vzestupné aorty bez náhrady kořene byla provedena u 26 pacientů (Tab. 7 a 8).

Dodatečná stabilizace aortálního anulu (anuloplastika) byla nutná ve 48 případech (31/60 s bikuspidní a 17/40 s trikuspidní chlopní). Implantace externího anuloplastického prstence CORONÉO Extra-Aortic byla provedena u 25 pacientů (13/60 s bikuspidní a 12/40 s trikuspidní chlopní), vždy při remodelaci kořene aorty. U zbývajících 23 pacientů byl aortální anulus redukován a stabilizován pomocí subkomisurální plikace, nebo preferenčně stehovou PTFE anuloplastikou.

Výkon na cípech chlopně byl nezbytný u 74 pacientů (53/60 s bikuspidní a 21/40 s trikuspidní chlopní).

Tabulka 7. Peroperační údaje celého souboru pacientů.

Počet pacientů (n)	100
Izolovaná plastika aortální chlopně (n)	33
Výkon na ascendentní aortě/kořeni aorty (n)	67
Operace dle Yacouba	30 (45 %)
Operace dle Davida	11 (16 %)
Suprakoronární náhrada ascendentní aorty	26 (39 %)
Stabilizace anulu (anuloplastika) (n)	47
Externí aortální anuloplastika	25 (52 %)
Subkomisurální plikace	9 (19 %)
Stehová PTFE anuloplastika	14 (29 %)
Výkon na cípech aortální chlopně (n)	74
Přidružený chirurgický výkon (n)	30
Náhrada aortálního oblouku (příp. jeho části)	8 (27 %)
Plastika mitrální chlopně	9 (30 %)
Plastika trikuspidální chlopně	2 (6 %)
CABG	5 (17 %)
MAZE	6 (20 %)
Doba MO (min) ^a	117 (39–510)
Doba srdeční zástavy (min) ^a	82 (30–238)
Doba cirkulační zástavy (min) ^{a, b}	19 (3–49)
^a Medián a variační rozpětí. ^b 5 pacientů. CABG – koronární bypass; MAZE – radiofrekvenční ablace/kryoablace pro fibrilaci síní; MO – mimotělní oběh; PTFE – polytetrafluoroetylén.	

Tabulka 8. Peroperační údaje rozdělené dle typu aortální chlopně.

	Bikuspidní	Trikuspidní	p-value
Počet pacientů (n)	60	40	
Izolovaná plastika aortální chlopně (n)	27 (45,0 %)	6 (15,0 %)	0,002
Výkon na ascendentní aortě/kořeni aorty (n)	33 (55,0 %)	34 (85,5 %)	0,002
Operace dle Yacouba (n)	13 (39,4 %)	17 (50,0 %)	0,026
Operace dle Davida (n)	2 (6,1 %)	9 (26,5 %)	0,004 ^b
Suprakoronární náhrada ascendentní aorty (n)	18 (54,5 %)	8 (23,5 %)	0,264
Stabilizace anulu (anuloplastika) (n)	31 (51,7 %)	17 (42,5 %)	0,369
Externí aortální anuloplastika	13 (41,9 %)	12 (70,6 %)	0,346
Stehová PTFE anuloplastika	13 (41,9 %)	1 (5,9 %)	0,005 ^b
Subkomisurální plikace	5 (16,2 %)	4 (23,5 %)	0,520 ^b
Výkon na cípech aortální chlopně (n)	53 (88,3 %)	21 (52,5 %)	< 0,001
Přidružený chirurgický výkon (n)			
Náhrada aortálního oblouku (příp. jeho části)	3 (5,0 %)	5 (12,5 %)	0,176 ^b
Plastika mitrální chlopně	3 (5,0 %)	6 (15,0 %)	0,089 ^b
MAZE	2 (3,3 %)	4 (10,0 %)	0,214 ^b
CABG	4 (6,7 %)	1 (2,5 %)	0,645 ^b
Doba MO (min) ^a	84 (39–193)	145 (57–510)	< 0,001 ^c
Doba srdeční zástavy (min) ^a	65 (30–165)	121 (40–238)	< 0,001 ^c
^a Medián a variační rozpětí. ^b Při frekvenci nižší než 5 v jedné nebo obou skupinách – data porovnána Fischerovým exaktním testem. ^c Data nevykazují normální rozložení – data porovnána Mann-Whitneyovým testem. CABG – koronární bypass; MAZE – radiofrekvenční ablace/kryoablace pro fibrilaci síní; MO – mimotělní oběh; PTFE – polytetrafluoroetylén.			

4.2.2 Peroperační echokardiografické údaje

TEE vyšetření provedené po ukončení mimotělního oběhu na operačním sále ukázalo $AR \leq 1$ u 97 % pacientů a střední gradient aortální chlopně 9 mmHg (13 mmHg bikuspidní a 7 mmHg s trikuspidní chlopní; $p < 0,001$). Koaptaci typu A mělo 85 % pacientů: 83 % bikuspidní a 88 % trikuspidní (Tab. 9 a 10).

Tabulka 9. Peroperační echokardiografické údaje celého souboru pacientů.

Počet pacientů	100
AR po ukončení MO (stupeň; n)	
0 – 1	97
> 1	2
Data nejsou k dispozici	1
Střední gradient aortální chlopně po ukončení MO (mmHg) ^a	9 (1–29)
Data nejsou k dispozici (n)	11
Typ koaptace cípů aortální chlopně po ukončení MO (n)	
A	85
B	13
C	0
Data nejsou k dispozici	2
^a Medián a variační rozpětí. AR – aortální regurgitace; MO – mimotělní oběh.	

4.3 Časné pooperační údaje

Během operace a do 30 dnů po operaci nezemřel žádný pacient. Medián doby pobytu na jednotce intenzivní péče byl 2 dny a medián celkové doby hospitalizace byl 11 dní. Reoperace pro krvácení a/nebo tamponádu byla nutná u 3 pacientů (2 s bikuspidní a 1 s trikuspidní chlopní). U 3 pacientů došlo v peroperačním období k ischemické cévní mozkové příhodě, jednalo se o pacienty s trikuspidní chlopní ($p = 0,061$). Jeden tento pacient podstoupil náhradu ascendentní aorty a části oblouku v cirkulační zástavě s použitím antegrádní cerebrální perfuze. Následně došlo k rozvoji významné cévní mozkové příhody s trvalým postižením. Dva další pacienti prodělali frustní cévní mozkovou příhodu s kompletní regresí symptomů při propuštění z nemocnice. U jednoho pacienta došlo k rozvoji multiorgánového selhání (pacient s trikuspidní chlopní; $p = 0,40$) s následným úplným zotavením (Tab. 11 a 12).

TTE vyšetření provedené těsně před propuštěním z nemocnice prokázalo $AR \leq 1$ u 93 % pacientů v obou skupinách (Tab. 11 a 12).

Tabulka 10. Peroperační echokardiografické údaje rozdělené dle typu aortální chlopně.

	Bikuspidní	Trikuspidní	p-value
Počet pacientů (n)	60	40	
AR po ukončení MO (stupeň; n)			
0–1	58 (96,7 %)	39 (97,5 %)	0,647
> 1	1 (1,7 %)	1 (2,5 %)	
Data nejsou k dispozici	1 (1,7 %)	0	
Střední gradient aortální chlopně po ukončení MO (mmHg) ^a	13 (1–29)	7 (2–24)	< 0,001 ^b
Data nejsou k dispozici (n)	5 (8,3 %)	6 (15,0 %)	
Typ koaptace cípů aortální chlopně po ukončení MO (n)			
A	50 (83,3 %)	35 (87,5 %)	0,743
B	9 (15,0 %)	4 (10,0 %)	
C	0	0	
Data nejsou k dispozici	1 (1,7 %)	1 (2,5 %)	

^a Medián a variační rozpětí. ^b Data nevykazují normální rozložení – data porovnána Mann-Whitneyovým testem. AR – aortální regurgitace; MO – mimotělní oběh.

Tabulka 11. Časné pooperační klinické a echokardiografické údaje celého souboru pacientů.

Počet pacientů	100
Doba pobytu na JIP (dny) ^a	2 (1–31)
Doba hospitalizace (dny) ^a	11 (8–41)
Revize pro krvácení či tamponádu (n) ^b	4
Krevní ztráty za 24 h (ml) ^a	350 (150–2400)
Reintubace (n)	0
Cévní mozková příhoda (n)	3
Multiorgánové selhání (n)	1
Mediastinitida (n)	0
AR při dimisi (stupeň; n)	
0 – 1	93
1	4
> 2	0
Data nejsou k dispozici	3
30denní mortalita	0

^a Medián a variační rozpětí. ^b 3 pacienti. JIP – jednotka intenzivní péče; AR – aortální regurgitace.

Tabulka 12. Časné pooperační klinické a echokardiografické údaje rozdělené dle typu aortální chlopně.

	Bikuspidní	Trikuspidní	p-value
Počet pacientů (n)	60	40	
Doba pobytu na JIP (dny) ^a	2 (1–4)	2 (1–31)	0,026 ^c
Doba hospitalizace (dny) ^a	10 (8–28)	14 (9–41)	< 0,001 ^c
Revize pro krvácení či tamponádu (n) ^b	3	1	0,648
Krevní ztráty za 24 h (ml) ^a	350 (150–2200)	400 (150–2400)	0,012 ^c
Reintubace (n)	0	0	
Cévní mozková příhoda (n)	0	3	0,061
Multiorgánové selhání (n)	0	1	0,400
Mediastinitida (n)	0	0	
AR při dimisi (stupeň; n)			
0 - 1	56 (93,3 %)	37 (92,5 %)	0,683
1	2 (3,3 %)	2 (5,0 %)	
> 2	0	0	
Data nejsou k dispozici	2 (3,3 %)	1 (2,5 %)	
30denní mortalita	0	0	

^a Medián a variační rozpětí. ^b 3 pacienti. ^c Data nevykazují normální rozložení – data porovnána Mann-Whitneyovým testem. AR – aortální regurgitace; JIP – jednotka intenzivní péče.

4.4 Sledování a pozdní pooperační údaje

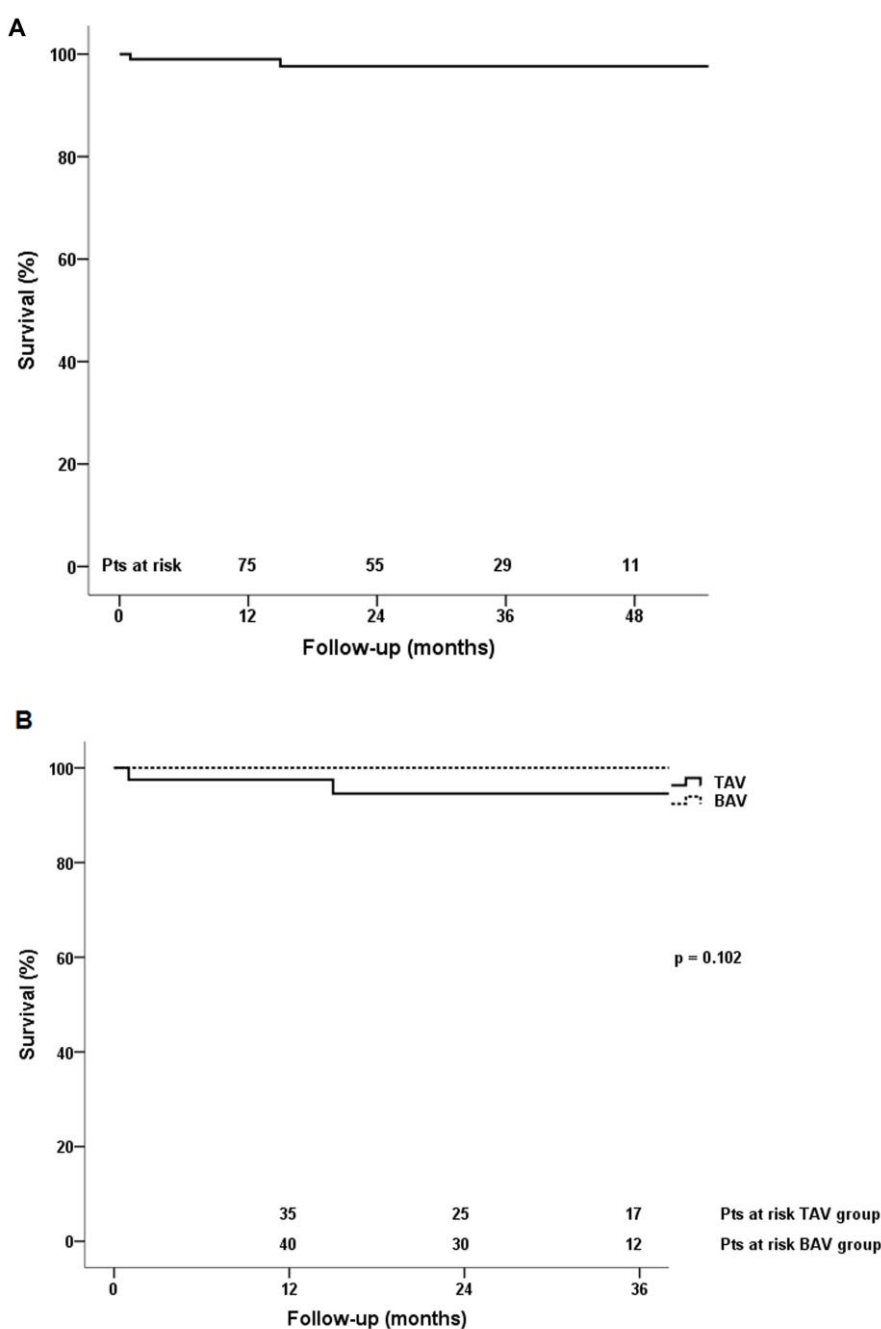
Sledování pacientů (*follow-up*) bylo kompletní u 100 % pacientů; kumulativní doba sledování byla 220 paciento-roků s mediánem 25 měsíců (variační rozpětí 1–59 měsíců).

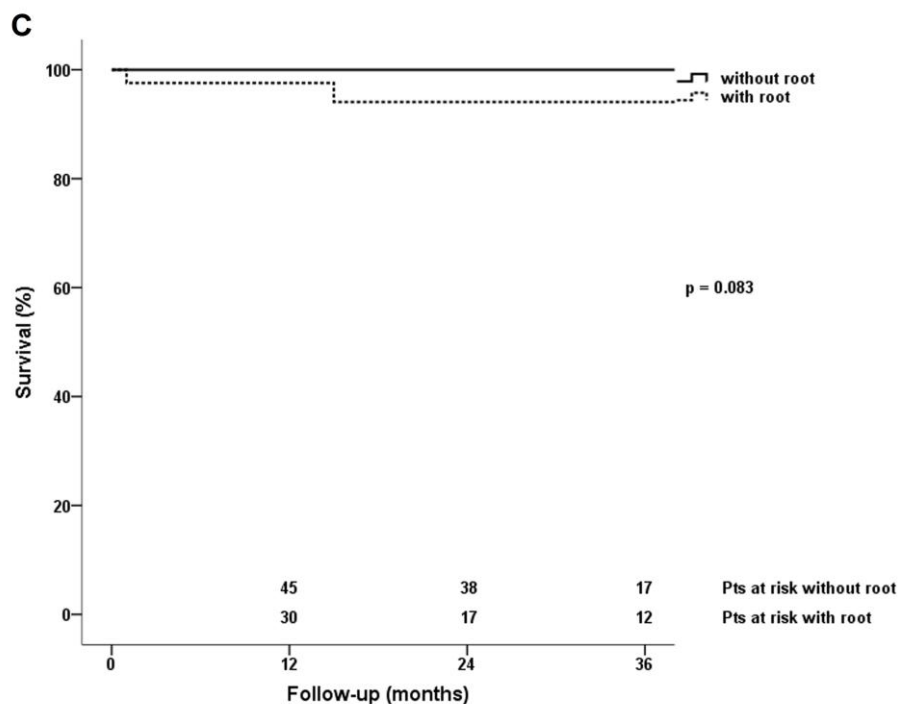
4.4.1 Přežívání pacientů

Během sledování zemřeli 2 pacienti, oba ze skupiny trikuspidní aortální chlopně (5 %). V jednom případě se jednalo o úmrtí z nekardiální příčiny: pacient 15 měsíců po operaci dle Davida zemřel na akutní pankreatitidu po transplantaci ledviny. Druhý pacient zemřel 6 týdnů po remodelaci aortálního kořene na následky významné peroperační cévní mozkové příhody. Celkové 4leté přežívání, vypočtené Kaplan-Meierovou metodou, bylo 98 ± 2 % (Graf 1A) a celkové přežívání bez srdečního úmrtí 99 ± 1 %. Rozděleno dle skupin bylo 3leté přežívání 100 ± 0 % a 95 ± 4 % u pacientů

s bikuspidní, resp. trikuspidní chlopní (Graf 1B) a stejně $100 \pm 0 \%$ a $95 \pm 4 \%$ u pacientů bez, resp. s náhradou aortálního kořene (Graf 1C). V obou těchto podskupinách nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v přežívání ($p = 0,102$ a $p = 0,083$).

Graf 1. (A) Kaplan-Meierova křivka ukazující celkové přežívání pacientů po záchovné operaci aortální chlopně. (B) Kaplan-Meierova křivka ukazující přežívání pacientů po záchovné operaci aortální chlopně s trikuspidní (plná čára) a bikuspidní (tečkovaná čára) chlopní. (C) Kaplan-Meierova křivka ukazující přežívání pacientů po záchovné operaci bez (plná čára) a s výkonem (tečkovaná čára) na aortálním kořeni. Pts – pacienti; TAV – trikuspidní aortální chlopeň; BAV – bikuspidní aortální chlopeň; without root – bez výkonu na kořeni aorty; with root – s výkonem na kořeni aorty.





4.4.2 Reoperace během sledování

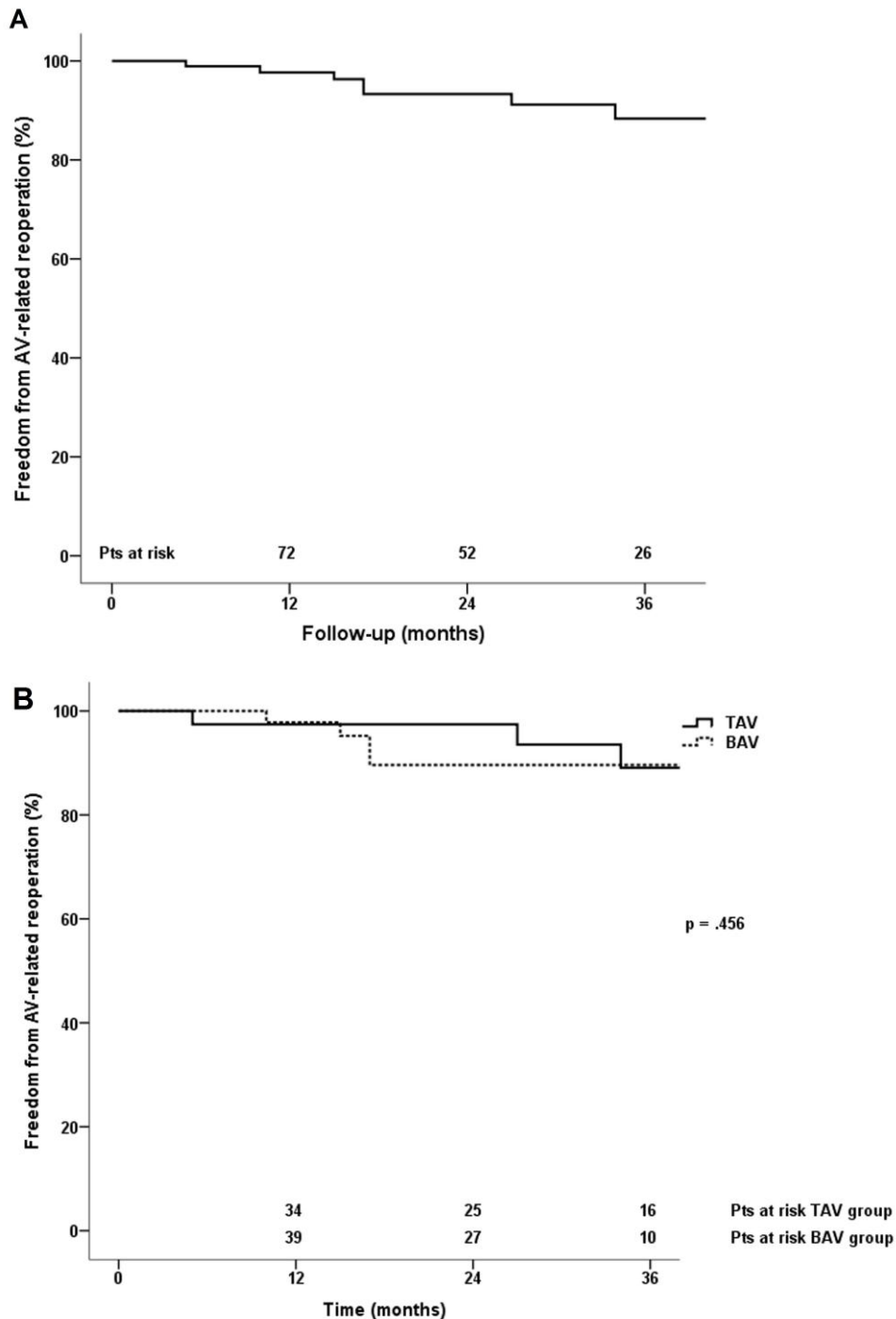
Během sledování podstoupilo 8 pacientů reoperaci aortální chlopně z důvodu progresu AR, 5 z nich mělo bikuspidální aortální chlopeň. Důvody vedoucí k progresi AR byly následující: prolaps cípů (n = 4), dilatace anulu (n = 3), retrakce cípů (n = 2), vytržení stehu centrální plikace (n = 1) a vytržení stehu cleftu/raphe (n = 1). U 7/8 pacientů byla aortální chlopeň nahrazena mechanickou protézou. U jednoho pacienta byla znovu provedena záchovná operace aortální chlopně. Podrobné údaje všech reoperovaných pacientů jsou shrnuty v tabulce 13. Všech 8 pacientů se z reoperace snadno a rychle zotavilo a žijí. Dva z těchto pacientů byli znovu hospitalizováni pro infekční endokarditidu mechanické protézy a podstoupili druhou reoperaci. U jednoho pacienta byla provedena náhrada kořene aorty kryoprezervovaným homograftem a u druhého byla provedena Bentallova operace s použitím mechanického konduitu. Oba pacienti se po výkonu opět bez obtíží zotavili a žijí bez známek recidivy infekce. Celkové 3leté přežívání bez nutnosti reoperace aortální chlopně, vypočtené Kaplan-Meierovou metodou, bylo $88 \pm 4\%$ (Graf 2 A). Rozděleno dle skupin bylo tříleté přežívání bez nutnosti reoperace aortální chlopně $90 \pm 5\%$ a $89 \pm 6\%$ u pacientů s bikuspidní, resp. trikuspidní chlopní (Graf 2 B) a stejně $88 \pm 5\%$ a $90 \pm 8\%$ u pacientů bez, resp. s náhradou aortálního kořene (Graf 2 C). V obou těchto podskupinách nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v přežívání ($p = 0,456$ a $p = 0,402$).

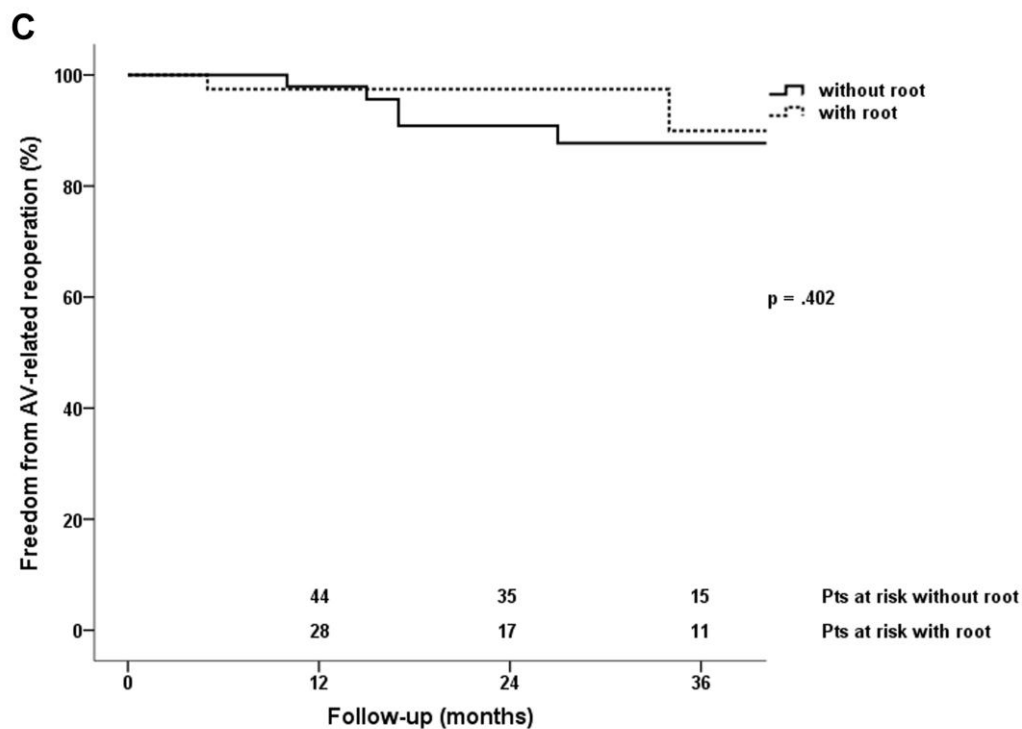
Tabulka 13. Údaje všech reoperovaných pacientů z důvodu recidivy aortální regurgitace.

Pacient	Před- a peroperační data					Pooperační data			
	AV	AR (stupeň)	Anulus (mm)	Technika plastiky AV	Náhrada kořene	AR (stupeň) při dimisi	Doba do reoperace (M)	Peroperační nález	Reoperace
1	TAV	3	27	Centrální plikace LC/RC/NC cípu; Coronéo Extra-Aortic ring	Operace dle Yacouba	1	5	Vytržení centrálního plikačního stehu RC cípu	AVR
2	BAV	4	30	Sutura cleftu fúzovaného předního cípu; subkomisurální plikace	ne	0	10	Vytržení sutury cleftu, prolaps obou cípů	Replastika AV
3	BAV	4	27	Triangulární resekce raphe a přímá sutura; stehová PTFE anuloplastika	ne	0	15	Vytržení sutury resekovaného raphe	AVR
4	BAV	4	25	Sutura cleftu fúzovaného předního cípu	ne	1	17	Prolaps fúzovaného cípu	AVR
5	BAV	4	30	Sutura cleftu fúzovaného předního cípu, centrální plikace NC cípu	ne	0	17	Prolaps obou cípů; dilatace anulu	AVR
6	TAV	4	24	Centrální plikace LC/RC/NC cípu; subkomisurální plikace	ne	1	27	Prolaps všech třech cípů; dilatace anulu	AVR
7	TAV	4	20	žádná	Operace dle Yacouba	1	34	Retrakce LC a NC cípu	AVR
8	BAV	4	23	Sutura cleftu fúzovaného předního cípu	ne	2	45	Retrakce fúzovaného cípu, ztluštění obou cípů	AVR

AR – aortální regurgitace; AV – aortální chlopeč; AVR – náhrada aortální chlopně; BAV – bikuspidní aortální chlopeč; LC – levý koronární; M – měsíce; NC – nekoronární; PTFE – polytetrafluoroetylén; RC – pravý koronární; TAV – trikuspidní aortální chlopeč.

Graf 2. (A) Kaplan-Meierova křivka ukazující celkové přežívání pacientů bez reoperace aortální chlopně po zachovné operaci. (B) Kaplan-Meierova křivka ukazující přežívání pacientů bez reoperace aortální chlopně po zachovné operaci. Rozděleno dle typu chlopně na trikuspidní (plná čára) a bikuspidní (tečkovaná čára). (C) Kaplan-Meierova křivka ukazující přežívání pacientů bez reoperace aortální chlopně po zachovné operaci. Rozděleno dle typu výkonu na bez výkonu (plná čára) a s výkonem (tečkovaná čára) na aortálním kořeni. AV – aortální chlopeň; Pts – pacienti; TAV – trikuspidní aortální chlopeň; BAV – bikuspidní aortální chlopeň; without root – bez výkonu na kořeni aorty; with root – s výkonem na kořeni aorty.





4.4.3 Klinické údaje ze sledování

V rámci posledního sledování byly hodnoty funkčního stupně NYHA k dispozici u všech žijících a nereperovaných pacientů. Ve stupni NYHA I bylo 74 pacientů (82 %) a ve stupni NYHA II 16 pacientů (18 %). Dle typu aortální chlopně potom ve stupni NYHA I 48/55 pacientů s bikuspidní, resp. 26/35 pacientů s trikuspidní chlopní a ve stupni NYHA II 7/55 pacientů s bikuspidní, resp. 9/35 pacientů s trikuspidní chlopní. Žádný z pacientů nebyl ve stupni NYHA > II (Tab. 14 a 15). Během sledování nebyl zaznamenán navíc žádný případ krvácení, tromboembolické příhody či endokarditidy.

Tabulka 14. Údaje ze sledování celého souboru pacientů.

Počet pacientů (n)	100
Úplnost sledování	100 %
Sledování (měsíce) ^a	25 (1–59)
Délka sledování (paciento-roky)	220
Úmrtí (n)	2
Reoperace pro recidivu AR (n)	8
Počet pacientů ve sledování (n)	90
Funkční třída NYHA (n)	
I	74 (82 %)
II	16 (18 %)
> II	0
^a Medián a variační rozpětí. AR – aortální regurgitace; NYHA – New York Heart Association	

Tabulka 15. Údaje ze sledování pacientů rozdělené dle typu aortální chlopně.

	Bikuspidní	Trikuspidní	p-value
Počet pacientů (n)	60	40	
Úplnost sledování	100 %	100 %	
Sledování (měsíce) ^a	16 (1–59)	34 (5–56)	
Délka sledování (paciento-roky)	102	118	
Úmrtí (n)	0	2	0,102 ^b
Reoperace pro recidivu AR (n)	5	3	0,402 ^b
Počet pacientů ve sledování (n)	55	35	
Funkční třída NYHA (n)			
I	48 (87,3 %)	26 (74,3 %)	0,116
II	7 (12,7 %)	9 (25,7 %)	
> II	0	0	
^a Medián a variační rozpětí. ^b Pravděpodobnost doby do vzniku události (tzv. freedom-from-event) byla vypočtena Kaplan-Meierovou metodou. Křivky doby do vzniku události (tzv. freedom-from-event) byly porovnány pomocí log-rank testu. AR – aortální regurgitace; NYHA – New York Heart Association.			

4.4.4 Echokardiografické údaje ze sledování (progrese aortální regurgitace)

V rámci posledního sledování bylo u 100 % pacientů provedeno echokardiografické vyšetření. Údaje z posledního TTE vyšetření u všech žijících a nereoperovaných pacientů jsou uvedeny v tabulce 16 a rozdělené dle typu aortální chlopně v tabulce 17.

Tabulka 16. Echokardiografické údaje ze sledování celého souboru pacientů.

Počet pacientů (n)	100
AR (stupeň; n)	
0 (žádná/stopová)	36 (40 %)
1 (triviální)	32 (36 %)
2 (mírná)	15 (17 %)
3 (střední)	3 (3 %)
4 (těžká)	4 (4 %)
Střední gradient aortální chlopně (mmHg) ^a	8 (2–20)
Data nejsou k dispozici (n)	4 (4 %)
Koaptace cípů aortální chlopně (n)	
A	75 (83 %)
B	13 (14 %)
C	1 (1 %)
Data nejsou k dispozici	1 (1 %)
EF levé komory (%; n) ^b	61 ± 8
> 50	82 (91 %)
30–50	7 (8 %)
< 30	1 (1 %)
End-diastolický rozměr levé komory (mm) ^a	52 (43–70)
Data nejsou k dispozici (n)	3 (3 %)

^a Medián a variační rozpětí. ^b Průměr ± směrodatná odchylka. AR – aortální regurgitace; EF – ejekční frakce.

Hodnota $AR \leq 2$ byla zjištěna u 84 pacientů (93 %) a $AR > 2$ u 6 pacientů (7 %). Dle typu aortální chlopně potom $AR \leq 2$ u 53/55 pacientů s bikuspidní, resp. u 30/35 pacientů s trikuspidní chlopní ($p = 0,037$) a $AR > 2$ u 2/55 pacientů s bikuspidní, resp. 5/35 pacientů s trikuspidní chlopní ($p = 0,037$). Celkové 3leté přežívání bez $AR > 2$ v rámci celé studijní populace, vypočtené Kaplan-Meierovou metodou, bylo 83 ± 5 % (Graf 3A). Rozděleno dle skupin bylo tříleté přežívání bez $AR > 2$ 86 ± 6 % a 82 ± 7 % u pacientů s bikuspidní,

resp. trikuspidní chlopní (Graf 3B) a stejně $85 \pm 6 \%$ a $80 \pm 10 \%$ u pacientů bez, resp. s náhradou aortálního kořene (Graf 3C). V obou těchto podskupinách nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v přežívání ($p = 0,866$ a $p = 0,650$).

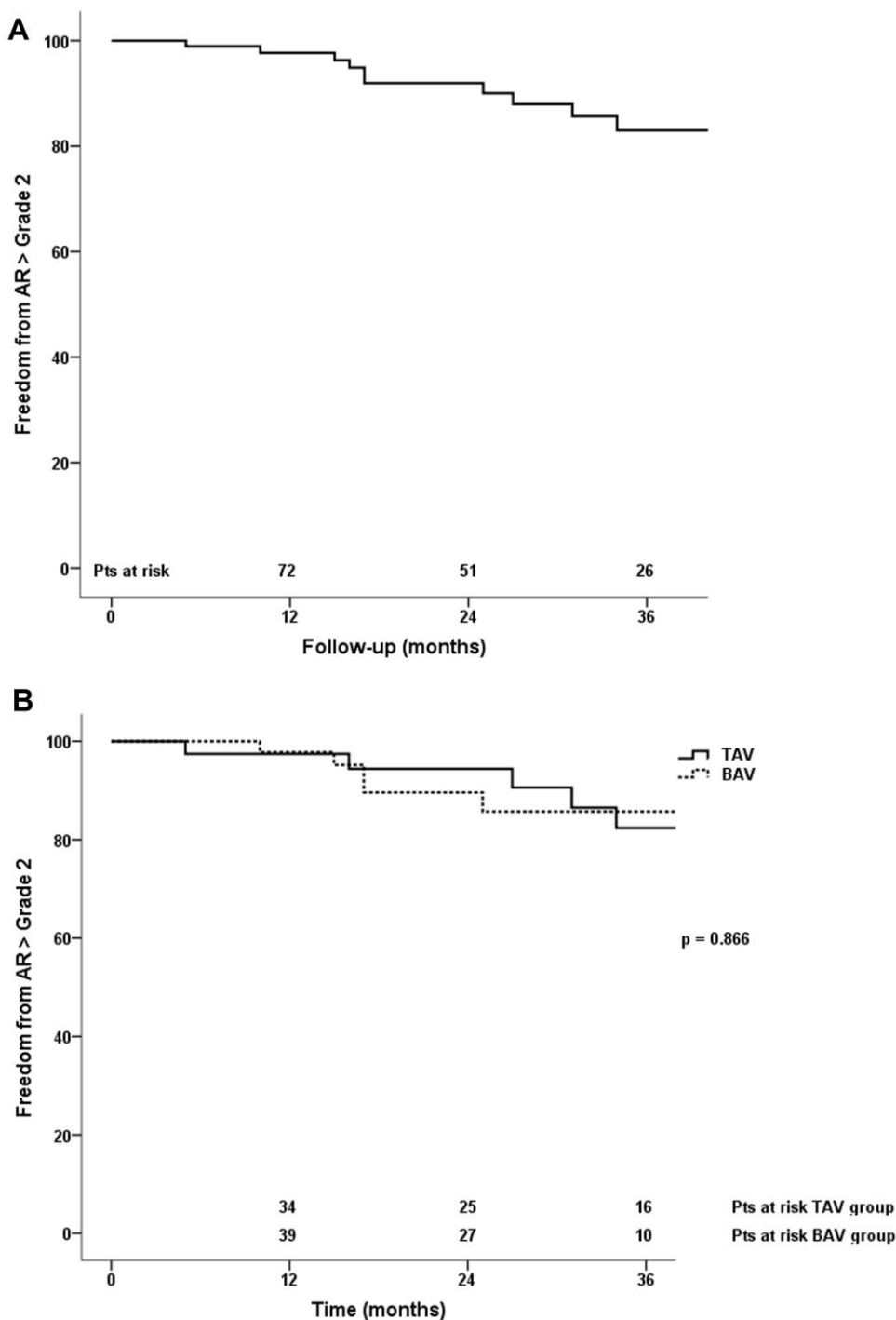
Střední gradient aortální chlopně byl 8 mmHg (11 mmHg a 5 mmHg u bikuspidní, resp. trikuspidní chlopně; $p < 0,001$). Typ koaptace aortální chlopně byl hodnocen stupněm A u 83 % pacientů (44/55 pacientů a 31/35 pacientů s bikuspidní, resp. trikuspidní chlopní; $p = 0,335$). Průměrná hodnota end-diastolického rozměru levé komory byla 53 ± 6 mm prokazující statisticky významnou redukci oproti předoperační hodnotě ($p < 0,001$). Ejekční frakce levé komory $> 50 \%$ byla zjištěna u 91 % pacientů (51/55 pacientů a 31/35 pacientů s bikuspidní, resp. trikuspidní chlopní; $p = 0,436$).

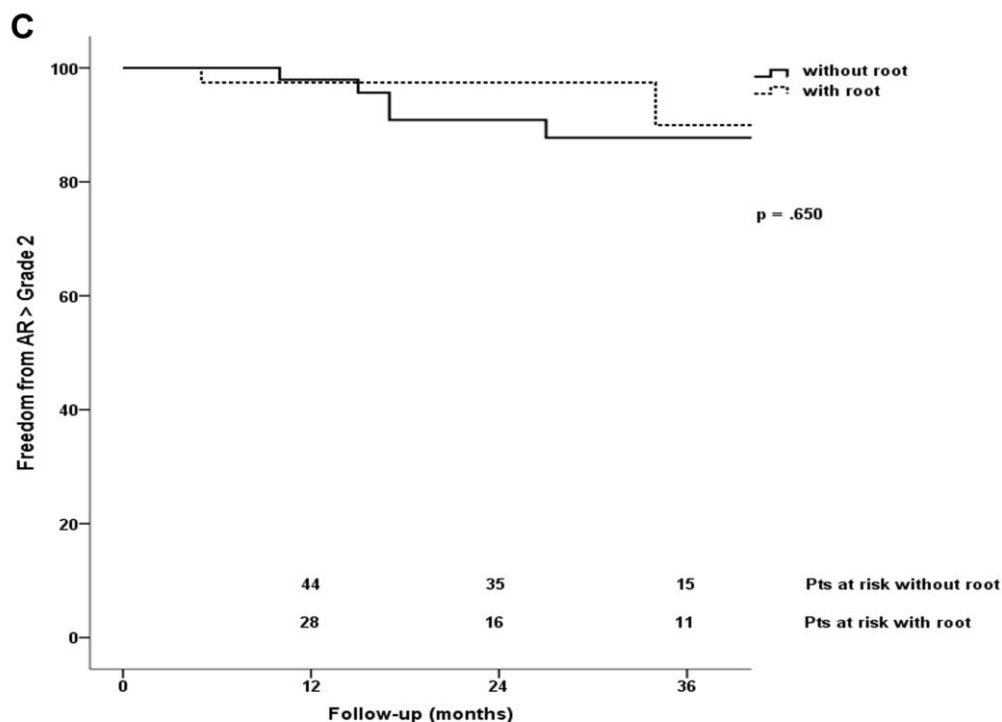
Tabulka 17. Echokardiografické údaje ze sledování pacientů rozdělené dle typu aortální chlopně.

	Bikuspidní	Trikuspidní	p-value
Počet pacientů (n)	60	40	
AR (stupeň; n)			
0 (žádná/stopová)	28 (50,9 %)	8 (22,9 %)	0,037
1 (triviální)	19 (34,6 %)	13 (37,1 %)	
2 (mírná)	6 (10,9 %)	9 (25,7 %)	
3 (střední)	1 (1,8 %)	2 (5,7 %)	
4 (těžká)	1 (1,8 %)	3 (8,6 %)	
Střední gradient aortální chlopně (mmHg) ^a	11 (3–20)	5 (2–11)	$< 0,001^b$
Data nejsou k dispozici (n)	1 (1,8 %)	3 (8,6 %)	
Koaptace cípů aortální chlopně (n)			
A	44 (80 %)	31 (88,6 %)	0,335
B	10 (18,2 %)	3 (8,6 %)	
C	1 (1,8 %)	0	
Data nejsou k dispozici	0	1 (2,8 %)	
EF levé komory (%; n)			
> 50	51 (92,7 %)	31 (88,6 %)	0,436
30–50	4 (7,3 %)	3 (8,6 %)	
< 30	0	1 (2,8 %)	
End-diastolický rozměr levé komory (mm) ^a	52 (45–61)	52 (43–70)	0,861 ^b
Data nejsou k dispozici (n)	1 (1,8 %)	2 (5,7 %)	

^a Medián a variační rozpětí. ^b Data nevykazují normální rozložení – data porovnána Mann-Whitneyovým testem. AR – aortální regurgitace; EF – ejekční frakce.

Graf 3. (A) Kaplan-Meierova křivka ukazující celkové přežívání pacientů bez $AR > 2$ po záchovné operaci aortální chlopně. (B) Kaplan-Meierova křivka ukazující přežívání pacientů bez $AR > 2$ po záchovné operaci aortální chlopně. Rozděleno dle typu chlopně na trikuspidní (plná čára) a bikuspidní (tečkovaná čára). (C) Kaplan-Meierova křivka ukazující přežívání pacientů bez $AR > 2$ po záchovné operaci aortální chlopně. Rozděleno dle typu výkonu na bez výkonu (plná čára) a s výkonem (tečkovaná čára) na aortálním kořeni. AV – aortální chlopeň; Pts – pacienti; TAV – trikuspidní aortální chlopeň; BAV – bikuspidní aortální chlopeň; without root – bez výkonu na kořeni aorty; with root – s výkonem na kořeni aorty.





4.5 Výsledky zhodnocení efektivity externí aortální anuloplastiky

Medián věku pacientů, kteří byli zařazeni do této dílčí studie, byl 50 let (30–70 let). V souboru bylo 22 mužů (88 %) a 3 ženy (12 %). Předoperační charakteristika tohoto souboru je uvedena v tabulce 18.

U všech 25 pacientů byla provedena remodelace aortálního kořene dle Yacouba s implantací externího anuloplastického prstence CORONÉO Extra-Aortic (Obr. 27B). Medián velikosti aortálního anulu (aortální báze) měřený peroperačně pomocí Hegarových dilatátorů byl 30 mm, což je výrazně větší velikost než, která byla naměřena pomocí TEE předoperačně (27,4 mm). Medián velikosti implantovaného ringu CORONÉO Extra-Aortic byl 27 mm (25–29 mm), ukazující tzv. *downsizing* o minimálně 3 mm (Graf 4). Další peroperační údaje těchto pacientů jsou shrnuty v tabulce 19.

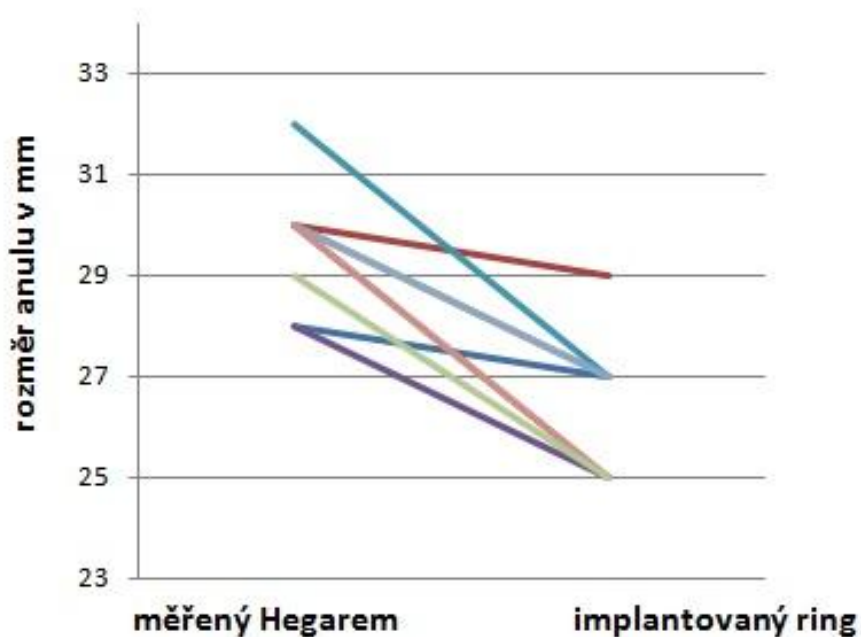
Během operace a do 30 dnů po operaci nezemřel žádný pacient. Medián doby pobytu na jednotce intenzivní péče byl 2 dny a medián celkové délky hospitalizace byl 14 dní. Reoperace pro krvácení a/nebo tamponádu byla nutná u 3 pacientů (bikuspidní 2 a trikuspidní 1). U 2 pacientů došlo v peroperačním období k ischemické cévní mozkové příhodě. TEE vyšetření provedené těsně před propuštěním z nemocnice prokázalo $AR \leq 1$ u 96 % pacientů a koaptaci typu A u 80 % pacientů. Časné pooperační klinické údaje jsou uvedeny v tabulce 20.

Tabulka 18. Demografické, předoperační klinické a echokardiografické údaje pacientů s remodelací aortálního kořene a implantací externího anuloplastického prstence.

Počet pacientů (n)	25
Věk (roky) ^a	50 (30–70)
Ženy (n)	3 (12 %)
Hypertenze (n)	13 (52 %)
Ischemická choroba srdeční (n)	3 (12 %)
DM (n)	1 (4 %)
CHOPN (n)	1 (4 %)
Disekce typu A (n)	1 (4 %)
Marfanův syndrom (n)	1 (4 %)
Funkční stupeň NYHA ^b	1,7 ± 0,7
Bikuspidální aortální chlopeč (n)	13 (52 %)
Aortální regurgitace (stupeň; n) ^b	3,4 ± 1
EF levé komory (%) ^b	60 ± 8

^a Medián a variační rozpětí. ^b Průměr ± směrodatná odchylka. DM – diabetes mellitus; EF – ejekční frakce; CHOPN – chronická obstrukční bronchopulmonální nemoc; NYHA – New York Heart Association.

Graf 4. Graf ukazující strategii výběru velikosti implantovaného anuloplastického prstence ve vztahu k velikosti aortálního anulu měřeného peroperačně pomocí Hegarových dilatátorů.



Tabulka 19. Peroperační data pacientů s remodelací aortálního kořene a implantací externího anuloplastického prstence.

Počet pacientů (n)	25
Aortální anulus – TEE (mm) ^a	27,4 ± 2,7
Aortální anulus – Hegar (mm) ^b	30 (28–32)
Implantovaný prstenec (mm) ^b	27 (25–29)
Doba MO (min) ^b	156 (118–510)
Doba svorky (min) ^b	132 (108–213)
Přidružený chirurgický výkon (n)	
Náhrada aortálního oblouku (příp. jeho části)	5 (20 %)
Plastika mitrální chlopně	2 (8 %)
Plastika trikuspidální chlopně	1 (4 %)
CABG	1 (4 %)
Aortální regurgitace po ukončení MO (stupeň; n)	
0–1	24 (96 %)
> 1	1 (4 %)
Data nejsou k dispozici	3 (12 %)
Střední gradient aortální chlopně (mmHg) ^b	12 (1–29)
Data nejsou k dispozici (n)	3 (12 %)
Typ koaptace cípů chlopně po ukončení MO (n)	
A	20 (80 %)
B	5 (20 %)
C	0
^a Průměr ± směrodatná odchylka. ^b Medián a variační rozpětí. TEE – transezofageální echokardiografie; CABG – koronární bypass; MO – mimotělní oběh.	

Tabulka 20. Pooperační data pacientů s remodelací aortálního kořene a implantací externího anuloplastického prstence.

Počet pacientů	25
Délka pobytu na JIP (dny) ^a	2 (1–17)
Délka hospitalizace (dny) ^a	14 (9–23)
Revize pro krvácení či tamponádu (n)	0
Krevní ztráty za 24 h (ml) ^a	400 (150–2200)
Reintubace (n)	0
Cévní mozková příhoda (n)	2 (8 %)
Multiorgánové selhání (n)	0
Mediastinitida (n)	0
AR při dimisi (stupeň; n)	
0–1	24 (96 %)
1	1 (4 %)
> 2	0
Koaptace cípů aortální chlopně (n)	
A	20 (80 %)
B	5 (20 %)
C	0
30denní mortalita	0
^a Medián a variační rozpětí. JIP – jednotka intenzivní péče; AR – aortální regurgitace.	

U podskupiny 9 mužů, u kterých bylo před- a pooperačně provedeno kontrastní multidetektorové kardio-CT kořene aorty nebyl zjištěn žádný statistický rozdíl mezi rozměry aortálního anulu měřenými v systole a diastole. U všech těchto pacientů však byly zjištěny statisticky významné redukce všech pooperačně měřených parametrů. Průměrný obvod aortálního anulu měřený v systole a diastole byl redukován o 14 %, resp. 12 % (ze 108 na 93 mm, $p < 0,001$ a ze 106 na 93 mm, $p < 0,001$) (Tab. 21A). Průměrná plocha aortálního anulu měřená v systole a diastole byla redukována o 27 %, resp. 24 % (z 869 na 637 mm², $p < 0,001$ a z 840 na 635 mm², $p < 0,001$) (Tab. 21B).

Tabulka 21. (A) Před- a pooperační data planimetricky měřených obvodů aortálního anulu v systole a diastole jednoznačně ukazující signifikantní redukci velikosti aortálního anulu. (B) Před- a pooperační data planimetricky měřených ploch aortálního anulu v systole a diastole jednoznačně ukazující signifikantní redukci velikosti aortálního anulu.

Pacient	Anulus/obvod v mm			
	Předoperační		Pooperační	
	Sys.	Diast.	Syst.	Diast.
1	97	96	91	91
2	117	119	103	103
3	109	105	95	94
4	119	112	99	94
5	122	109	94	96
6	107	102	82	83
7	109	109	82	87
8	97	99	97	93
9	99	102	93	93
Průměr	108	106	93	93
Průměr systola	108		93^a	
Průměr diastola	106		93^b	
Syst. – systola; Diast. – diastola. ^a p < 0,001; ^b p < 0,001				

Pacient	Anulus/plocha v mm ²			
	Předoperační		Pooperační	
	Sys.	Diast.	Sys.	Diast.
1	706	700	598	586
2	946	970	753	815
3	882	815	634	671
4	975	977	693	634
5	1085	926	704	648
6	858	779	522	547
7	897	895	517	534
8	721	725	654	638
9	750	771	657	640
Průměr	869	840	637	635
Průměr systola	869		637^a	
Průměr diastola	840		635^b	
Syst. – systola; Diast. – diastola. ^a p < 0,001; ^b p < 0,001				

5 DISKUZE

Podobně jako v případě záchovných operací mitrální chlopně, jejichž přednosti oproti náhradě mitrální chlopně byly jednoznačně prokázány⁹⁻¹², představuje i úspěšná a trvalá záchovná operace regurgitující aortální chlopně atraktivní formu chirurgické léčby, zvláště u mladších pacientů. I přesto je náhrada regurgitující aortální chlopně nebo kořene aorty mechanickými protézami, xenografty nebo cévní protézou se zabudovanou chlopní protézou (Bentallova operace) stále na mnoha kardiologických pracovištích považována za metodu volby a to zejména v případě bikuspidní aortální chlopně. Jedním z hlavních důvodů tohoto stále malého rozšíření záchovných výkonů na aortální chlopně je dosavadní neschopnost systematicky popsat mechanismus AR a použít vhodné, reprodukovatelné a standardizované metody.^{39,46,56,57,59,129}

Během posledních 5 let byly na naší klinice zavedeny záchovné operace aortální chlopně u pacientů s AR. V tomto období jsme úspěšně operovali 100 pacientů. Naše počáteční zkušenosti s těmito operacemi byly publikovány v roce 2009 Vojáčkem a spol.⁸⁸ a střednědobé výsledky následně Holubcem a spol.⁷⁶ v roce 2013. Cílem této dizertační práce bylo zhodnotit krátko- a střednědobé výsledky pacientů, zejména přežívání, přežívání bez reoperace a recidivy/progrese AR > 2 u pacientů, kteří podstoupili tento druh operace. Práce byla zaměřena obzvláště na zkoumání vlivu typu aortální chlopně a typu záchovné operace na definované výsledky.

Do současné doby bylo publikováno několik kvalitních studií zabývajících se záchovnými operacemi regurgitující aortální chlopně čítající 100–640 pacientů.^{27-29,57,77,89,90,113,130-135} Některé tyto studie se věnují pouze náhradám aortálního kořene se zachováním aortální chlopně (tzv. *valve-sparing operations*)^{29,59,113,130-134}, dále se liší zastoupením akutních operací (nejčastěji operace disekce aorty typu A) 0–36 %^{27-29,57,77,89,90,113,130-135} a podílem bikuspidní aortální chlopně 9–35 %.^{27-29,57,59,77,89,90,113,130-135} Třicetidenní mortalita je uváděná v rozmezí 0,5–4,6 %^{27-29,57,59,77,89,90,113,130-135} a celkové 5leté, 10leté a 15leté přežívání v rozmezí 86–95 %, ^{27-29,57,89,130,131,133,134} 73–93 %^{27-29,89,113,130,131} a 58–77 %.^{27,29,130} Přežívání bez nutnosti reoperace aortální chlopně 5 a 10 let po operaci je uváděno v rozmezí 89–100 %^{27-29,57,130,131,133,134} a 82–98 %.^{27-29,77,113,130,131} Pětileté a 10leté přežívání bez recidivy AR > 2 je uváděno v rozmezí 88–98 %^{28,29,57,89,134} a 81–93 %.^{28,29,89,113}

Podrobněji budou uvedeny a diskutovány 3 největší v literatuře publikované soubory. Na začátku roku 2013 El Khoury a spol. publikovali výsledky 475 pacientů, kteří podstoupili elektivní záchovnou operaci aortální chlopně pro AR nebo aneuryzma aorty/kořene aorty za období 15 let.²⁸ Třicetidenní mortalita v jejich souboru byla 0,8 %. Autoři popsali 95 % a 85 % přežívání bez srdečního úmrtí po 5, resp. 10 letech. Po adjustaci na věk zjistili překvapivě lepší hodnoty přežívání u pacientů s bikuspidní aortální chlopní (hazard ratio [HR] 0,2; $p = 0,01$) než u pacientů s trikuspidní aortální chlopní. Přežívání bez nutnosti reoperace aortální chlopně a přežívání bez významné recidivy AR bylo 94 %, resp. 91 % po 5 letech a 86 %, resp. 85 % po 10 letech. Autoři nezjistili rozdíl v recidivě AR a nutnosti reoperace aortální chlopně mezi skupinami s bikuspidní a trikuspidní chlopní. Rozdíly v přežívání, přežívání bez reoperace aortální chlopně a přežívání bez významné recidivy AR s náhradou/bez náhrady kořene aorty nebyly v této studii předmětem hodnocení. Zastoupení bikuspidní aortální chlopně v jejich skupině bylo 34 %.

Schäfers a spol. publikovali výsledky souboru 640 pacientů po záchovné operaci aortální chlopně za období 12 let.⁸⁹ Třicetidenní mortalita v jejich souboru byla 3,4 %, což je dáno větším zastoupením akutních operací (10 %). Celkové přežívání bylo 92 % po 5 letech a 80 % po 10 letech při významně lepších hodnotách u pacientů s bikuspidní oproti trikuspidní aortální chlopní ($p < 0,001$). Tento fakt je nejpravděpodobněji dán tím, že pacienti s bikuspidní chlopní jsou mladší než pacienti s chlopní trikuspidní. Přežívání bez nutnosti reoperace aortální chlopně po 5 a 10 letech bylo 88 % a 81 % v případě bikuspidní a 97 % a 93 % v případě trikuspidní aortální chlopně ($p < 0,001$). Podobný trend přežívání bez nutnosti reoperace byl prokázán u záchovných výkonů s náhradou nebo bez náhrady kořene aorty ve prospěch náhrady kořene ($p = 0,06$). Přežívání bez recidivy $AR \geq 2$ po 5 a 10 letech dosáhlo 86 %, resp. 83 % u bikuspidních aortálních chlopní a 87 %, resp. 80 % u trikuspidních aortálních chlopní ($p = 0,95$). Přežívání bez recidivy $AR \geq 2$ po 5 a 10 letech bylo statisticky významně příznivější u pacientů s náhradou kořene aorty (89 %, resp. 84 %) oproti izolované plastice aortální chlopně (83 %, resp. 83 %) ($p = 0,025$). Zajímavé bylo zjištění, že přežívání bez komplikací spojených s výkonem na chlopní (reoperace, tromboembolie, endokarditida a krvácení) po 10 letech bylo pouhých 88 %, přičemž příznivější výsledky byly u pacientů s trikuspidní oproti bikuspidní aortální chlopní (10 let: 93 % proti 80 %; $p = 0,002$). Je však třeba zdůraznit, že převážnou většinu těchto komplikací tvořila reoperace, jelikož tromboembolické i krvácivé

komplikace a infekční endokarditida se při těchto výkonech vyskytují vzácně. V této skupině mělo bikuspidní aortální chlopeč 205/640 pacientů (32 %).

Svensson a spol. zveřejnili v roce 2011 výsledky 366 pacientů, kteří podstoupili záchrannou operaci aortální chlopně pro AR nebo aneuryzma aorty/kořene aorty za období 15 let.²⁷ Třicetidenní mortalita v jejich souboru byla 2 %, což je lehce vyšší než v jiných studiích. Je to dáno opět větším zastoupením akutních operací, zejména akutní disekce aorty typu A. V jejich souboru se jednalo o velmi vysoké zastoupení 36 %. Celkové přežívání bylo 86 % po 5 letech, 74 % po 10 letech a 58 % po 15 letech. Autoři nezjistili rozdíl v přežívání pacientů s nebo bez náhrady aortálního kořene ($p = 0,30$). Rozdíl v přežívání pacientů s bikuspidní a trikuspidní aortální chlopní nebyl hodnocen. Přežívání bez nutnosti reoperace aortální chlopně po 5 a 10 letech bylo 92 % a 89 % bez rozdílu u pacientů s nebo bez náhrady aortálního kořene ($p = 0,40$). Naproti tomu byl nalezen rozdíl v přežívání bez reoperace u pacientů s bikuspidní a trikuspidní aortální chlopní ve prospěch chlopně trikuspidní (10 let: 77 % proti 93 %; $p = 0,002$).

Doposud bylo publikováno pouze minimum prací zabývajících se přímo bikuspidní chlopní jako rizikovým faktorem pro záchranné operace aortální chlopně. V roce 2011 publikovali Badiu a spol. střednědobé výsledky záchranných operací aortální chlopně (43 pacientů s bikuspidní proti 57 pacientům s trikuspidní aortální chlopní).⁹⁰ Třicetidenní mortalita v jejich souboru byla 3 % a celkové 3leté přežívání bylo 93 % bez významného rozdílu mezi oběma skupinami (bikuspidní 80 % a trikuspidní 94 %; $p = 0,59$). Přežívání bez reoperace po 3 letech bylo 85 % u pacientů s bikuspidní a 86 % s trikuspidní aortální chlopní ($p = 0,98$). Přežívání bez recidivy AR > 1 po 3 letech bylo 77 % u pacientů s bikuspidní a 71 % u pacientů s trikuspidní chlopní ($p = 0,97$). Jejich závěrem bylo, že s ohledem na přežívání, přežívání bez reoperace a recidivy AR nebyl nalezen významný rozdíl mezi oběma skupinami. Bikuspidní chlopně tudíž nejsou rizikovým faktorem záchranných operací aortálních chlopní.

Malvindi a spol. publikovali v roce 2012 střednědobé výsledky 132 pacientů, kteří podstoupili reimplantaci aortální chlopně (operace dle Davida), avšak pouze 18 % pacientů mělo bikuspidní chlopeč.¹³³ Třicetidenní mortalita v jejich souboru byla 0,8 % a celkové 5leté přežívání bylo 94 % bez významného rozdílu mezi pacienty s bikuspidní a trikuspidní chlopní. Přežívání bez reoperace po 5 letech bylo 86 % u pacientů s bikuspidní a 92 % s trikuspidní aortální chlopní ($p = 0,26$). Přežívání bez recidivy AR > 2 po 5 letech bylo

99 % u všech pacientů, reoperovaní pacienti byli však z hodnocení vyloučeni. Přežívání bez recidivy AR ve vztahu k typu aortální chlopně nebylo hodnoceno.

Jak prezentovaná práce ukazuje, bylo dosaženo výsledků, které jsou podobné a srovnatelné s výsledky výše zmíněných publikovaných prací. V našem souboru jsme pozorovali 30denní přežívání u 100 % pacientů a 4leté přežívání bez srdečního úmrtí u 99 % pacientů. Dále bylo zjištěno velmi dobré 3leté přežívání pacientů bez nutnosti reoperace aortální chlopně (88 % pacientů) a 3leté přežívání pacientů bez AR > 2 (83 % pacientů). Ve všech těchto definovaných výsledcích nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi pacienty s různým typem aortální chlopně (bikuspidní či trikuspidní) ani mezi pacienty s různým typem záchovné operace (bez výkonu či s výkonem na aortálním kořeni). Výsledky přežívání bez nutnosti reoperace aortální chlopně a přežívání bez AR > 2 jsou podobné nebo lehce horší než ve velkých publikovaných sériích.^{27-29,89,90,134} Tento fakt může být částečně vysvětlen tzv. *learning curve* u prvních pacientů našeho souboru a také stupněm AR před operací. Většina našich pacientů měla předoperačně těžkou AR (stupeň 4) a z tohoto důvodu bylo nutné provést výkon na cípech aortální chlopně u 74 % pacientů (u pacientů s bikuspidní chlopní dokonce 88 %). Tento přístup je odlišný od některých publikovaných prací. Například David a spol.²⁹ nedávno publikovali jejich zkušenosti s reimplantací aortální chlopně u 296 po sobě jdoucích pacientů. V jejich studii pozorovali mimořádně vysoké dlouhodobé přežívání pacientů (po 10 letech 93 %), přežívání pacientů bez nutnosti reoperace aortální chlopně (po 10 letech 98 % pacientů) a přežívání pacientů bez AR > 2 (po 10 letech 93 % pacientů). Avšak pouze 22 % pacientů v jejich souboru mělo předoperačně těžkou AR. Autoři zdůrazňují důležitost správného výběru pacientů pro tuto záchovnou operaci aortální chlopně. Postulovali, že právě pacienti s předoperačně dlouhodobě přetrvávající AR těžkého stupně mají významně poškozené cípy aortální chlopně, a tudíž nejsou vhodní kandidáti k záchovné operaci.

Během sledovaného období nebyl u našich pacientů zaznamenán žádný případ krvácení, tromboembolické příhody či endokarditidy. Toto je ve srovnání s výše zmíněnými publikovanými studiemi lepší výsledek.^{28,89,90,113,133} V našem souboru jsme zjistili 3 % výskyt peroperační cévní mozkové příhody, což je o něco vyšší než výskyt udávaný v literatuře.^{28,29,57,113,131,134} Nicméně pouze jeden pacient prodělal těžkou mozkovou příhodou, na jejíž následky následně zemřel. Další dva pacienti prodělali pouze lehkou mozkovou příhodou s kompletní regresí neurologických symptomů při propuštění.

Je nutné zdůraznit, že v našem souboru jsme pozorovali velmi vysoký výskyt pacientů s bikuspidní aortální chlopní (60 %), což je v podstatě nejvyšší procento z publikovaných studií.^{27-29,57,59,77,89,90,113,130-135} Záchovná operace bikuspidní aortální chlopně vyžaduje většinou složitější a náročnější rekonstrukci než chlopně trikuspidní s čistě funkční AR.⁷³ Přesto však nebyl v naší práci prokázán rozdíl v definovaných výsledcích mezi pacienty s bikuspidní a trikuspidní chlopní. Naše výsledky tedy naznačují, že bikuspidní chlopně není rizikovým faktorem pro záchovné operace aortální chlopně. K tomu, aby byly dosaženy takto kvalitní výsledky, je bez sporu nutná silná motivace a přesvědčení chirurga k zachování takovéto chlopně. Tyto výsledky navíc podporují přístup k zachování bikuspidní aortální chlopně zejména u mladých a středněvěkových pacientů, kteří by jinak byli kandidáti k náhradě aortální chlopně mechanickou protézou a nesli následně rizika s ní spojená. Indikace a obzvláště riziko případné recidivy aortální insuficience s následnou nutností reoperace musí být s pacientem před operací velmi podrobně probrány. Dalším důležitým faktorem je, že během intraoperační analýzy chlopně je nutné respektovat morfologická a geometrická kritéria (kvalita a kvantita tkáně cípů) a některé zásadní principy záchovné operace aortální chlopně. Jimi jsou časná intervence na vzestupné aortě a/nebo aortálním kořeni, stabilizace dilatovaného aortálního anulu (anulární báze) a výkon na cípech s obnovením dostatečné efektivní výšky cípu. Tento systematický a standardizovaný přístup k záchovným operacím aortální chlopně může nadále zlepšovat středně- a dlouhodobé výsledky.

Někteří autoři zdůrazňují horší dlouhodobé výsledky remodelace kořene aorty (operace dle Yacouba) než reimplantace aortální chlopně (operace dle Davida) v důsledku recidivy AR.^{113,114,121,122} Důvodem je dilatace aortálního anulu, který není v případě remodelace kořene aorty stabilizován. *In vitro* a *in vivo* studie nicméně prokázaly lepší výsledky, ve smyslu hemodynamických poměrů aortálního kořene, po remodelaci kořene aorty než po reimplantaci aortální chlopně, a to i při reimplantaci s použitím Valsalvské protézy.¹⁰⁶⁻¹¹² Tento fakt vedl několik kardiochirurgů k tomu, že k remodelaci aortálního kořene připojili anuloplastiku aortální chlopně s cílem stabilizovat anulus a zabránit jeho případné dilataci v budoucnu.^{56,77,100} Představením externího aortálního anuloplastického prstence zavedl Lansac a spol.⁵⁹ koncepci fyziologického standardizovaného záchovného výkonu na aortální chlopně, který v sobě spojuje „fyziologičtější“ remodelaci kořene aorty s implantací externího aortálního anuloplastického expandabilního prstence.

Počáteční zkušenosti s externí aortální anuloplastikou s použitím prstence CORONÉO Extra-Aortic jako doplňku remodelace aortálního kořene na našem pracovišti publikoval Žáček a spol.²⁵ v roce 2011. Použití tohoto prstence jako doplňku Rossovy operace (implantace pulmonálního autograftu do aortální pozice) byly dokonce vůbec jako první na světě publikovány Vojáčkem a spol.¹³⁶ v roce 2013. Tento „fyziologičtější“ přístup spojující remodelaci kořene aorty s implantací externího aortálního anuloplastického prstence u pacientů s AR a dilatací kořene jsme přijali a stal se na našem pracovišti výkonem volby. Tuto skutečnost podporují i výsledky dílčí studie v rámci této práce. V podskupině 25 pacientů, kteří podstoupili remodelaci aortálního kořene s implantací externího anuloplastického prstence CORONÉO Extra-Aortic byly pozorovány přijatelné peroperační a časné pooperační výsledky. Pouze výskyt peroperační cévní mozkové příhody byl pozorován u 2 pacientů (8 %), což však při takto malém počtu nelze statisticky hodnotit. Navíc byla na dílčí studii 9 pacientů, u kterých bylo před i po operaci provedeno kontrastní kardio-CT vyšetření aortálního kořene, potvrzena efektivita této aortální anuloplastiky. Potvrzena však nebyla očekávaná pulzatilita externího anuloplastického prstence.

Limitace práce

Studie provedené v rámci této disertační práce mají několik limitací. I když byly údaje shromažďovány prospektivně, jejich vyhodnocení bylo provedeno retrospektivně, z čehož vyplývají obecně známé nevýhody. Dále, práce popisuje zkušenosti jednoho pracoviště, na němž byla v posledních 5 letech zavedena a používána nová operační technika. Zkreslujícími faktory mohou být i různé techniky zachovné operace aortální chlopně. V neposlední řadě, soubor pacientů a zejména skupiny pacientů v dílčích studiích byly poměrně malé a sledování bylo pouze krátko- či střednědobé.

6 ZÁVĚRY

1. U pacientů našeho souboru, kteří podstoupili záchovnou operaci aortální chlopně, nebyly nalezeny významné rozdíly ve sledovaných parametrech ve srovnání s údaji publikovanými v soudobé literatuře a to i z renomovaných pracovišť zabývajících se touto problematikou dlouhodobě a ve velkém měřítku.
2. Při zaměření na typ aortální chlopně (bikuspidní nebo trikuspidní) nebyly prokázány významné rozdíly v krátko- a střednědobých výsledcích záchovných operací aortální chlopně, zejména v přežívání, v reoperaci aortální chlopně a v recidivě/progresi aortální insuficience. Na tomto podkladě se bikuspidní aortální chlopně nejeví jako rizikový faktor pro záchovnou operaci.
3. Při zaměření na typ záchovné operace (bez výkonu a s výkonem na aortálním kořeni) nebyly prokázány rozdíly v krátko- a střednědobých výsledcích záchovných operací aortální chlopně, zejména v přežívání, v reoperaci aortální chlopně a v recidivě/progresi aortální insuficience.
4. Efektivita externí aortální anuloplastiky prstencem byla potvrzena průkazem redukce všech parametrů měřených pooperačně. Pulzilita externího aortálního prstence však prokázána nebyla. Remodelace aortálního kořene s implantací externího aortálního prstence je pro pacienty s dilatací aortálního kořene a regurgitující aortální chlopní jednou z možností léčby.

Na podkladě výsledků a závěrů této práce lze potvrdit hypotézu, že záchovné operace aortální chlopně jsou bezpečné a reprodukovatelné chirurgické postupy vykazující přijatelné krátko- a střednědobé výsledky u pacientů s aortální insuficiencí. Tyto výkony by se mohly stát pevnou součástí soudobého kardiokirurgického armamentaria a mohly by být standardně metodou volby pro mladé a středněvěké pacienty s aortální insuficiencí, nejen trikuspidní chlopně, podloženou vhodnou indikací a chirurgickou technikou, včetně správné peroperační analýzy aortální chlopně. Další studie, zejména s delší dobou sledování, vyšším počtem pacientů a případně prospektivně randomizovaného charakteru budou nutné k definitivním závěrům, obzvláště co se týká typu aortální chlopně a druhu rekonstrukce.

7 POUŽITÁ LITERATURA

1. STARR, A., EDWARDS, M. L. Mitral replacement: clinical experience with a ball-valve prosthesis. *Annals of Surgery*, 1961, vol. 154, no. 10, s. 726-740.
2. HARKEN, D. E., SOROFF, H. S., TAYLOR, W. J., LEFEMINE, A. A., GUPTA, S. K., LUNZER, S. Partial and complete prostheses in aortic insufficiency. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1960, vol. 40, no. 12, s. 744-762.
3. ELLIS, F. H., Jr., MCGOON, D. C., BRANDENBURG, R. O., KIRKLIN, J. W. Clinical experience with total mitral valve replacement with prosthetic valves. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1963, vol. 46, no. s. 482-497.
4. CARPENTIER, A., GUILMET, D., DUBOST, C. Aortic mitral and tricuspid valve replacement with frame mounted aortic heterografts. *Thoraxchirurgie, vaskulare Chirurgie*, 1968, vol. 16, no. 6, s. 615-618.
5. COHN, L. H., ALLRED, E. N., DISESA, V. J., SAWTELLE, K., SHEMIN, R. J., COLLINS, J. J., Jr. Early and late risk of aortic valve replacement. A 12 year concomitant comparison of the porcine bioprosthetic and tilting disc prosthetic aortic valves. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1984, vol. 88, no. 5 Pt 1, s. 695-705.
6. LYTLE, B. W., COSGROVE, D. M., TAYLOR, P. C., GOORMASTIC, M., STEWART, R. W., GOLDING, L. A., GILL, C. C., LOOP, F. D. Primary isolated aortic valve replacement. Early and late results. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1989, vol. 97, no. 5, s. 675-694.
7. WALTHER, T., BLUMENSTEIN, J., VAN LINDEN, A., KEMPFERT, J. Contemporary management of aortic stenosis: surgical aortic valve replacement remains the gold standard. *Heart*, 2012, vol. 98, no. Suppl 4, s. iv23-29.
8. CARPENTIER, A. Cardiac valve surgery--the "French correction". *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1983, vol. 86, no. 3, s. 323-337.
9. GALLOWAY, A. C., COLVIN, S. B., BAUMANN, F. G., GROSSI, E. A., RIBAKOVE, G. H., HARTY, S., SPENCER, F. C. A comparison of mitral valve reconstruction with mitral valve replacement: intermediate-term results. *The Annals of Thoracic Surgery*, 1989, vol. 47, no. 5, s. 655-662.
10. SAND, M. E., NAFTEL, D. C., BLACKSTONE, E. H., KIRKLIN, J. W., KARP, R. B. A comparison of repair and replacement for mitral valve incompetence. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1987, vol. 94, no. 2, s. 208-219.

11. LEE, E. M., SHAPIRO, L. M., WELLS, F. C. Superiority of mitral valve repair in surgery for degenerative mitral regurgitation. *European Heart Journal*, 1997, vol. 18, no. 4, s. 655-663.
12. MOHTY, D., ORSZULAK, T. A., SCHAFF, H. V., AVIERINOS, J. F., TAJIK, J. A., ENRIQUEZ-SARANO, M. Very long-term survival and durability of mitral valve repair for mitral valve prolapse. *Circulation*, 2001, vol. 104, no. 12 (Suppl 1), s. I-1-I-7.
13. RAHIMTOOLA, S. H. Choice of prosthetic heart valve for adult patients. *Journal of the American College of Cardiology*, 2003, vol. 41, no. 6, s. 893-904.
14. HAMMERMEISTER, K., SETHI, G. K., HENDERSON, W. G., GROVER, F. L., OPRIAN, C., RAHIMTOOLA, S. H. 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*, 2000, vol. 36, no. 4, s. 1152-1158.
15. HELLGREN, L., GRANATH, F., EKBOM, A., STAHL, E. Biological versus mechanical prosthesis in 3279 patients from the Swedish in-patients register. *Scandinavian Cardiovascular Journal*, 2011, vol. 45, no. 4, s. 223-228.
16. RAHIMTOOLA, S. H. The problem of valve prosthesis-patient mismatch. *Circulation*, 1978, vol. 58, no. 1, s. 20-24.
17. OXENHAM, H., BLOOMFIELD, P., WHEATLEY, D. J., LEE, R. J., CUNNINGHAM, J., PRESCOTT, R. J., MILLER, H. C. Twenty year comparison of a Bjork-Shiley mechanical heart valve with porcine bioprostheses. *Heart*, 2003, vol. 89, no. 7, s. 715-721.
18. CARR, J. A., SAVAGE, E. B. Aortic valve repair for aortic insufficiency in adults: a contemporary review and comparison with replacement techniques. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 2004, vol. 25, no. 1, s. 6-15.
19. TAYLOR, W. J., THROWER, W. B., BLACK, H., HARKEN, D. E. The surgical correction of aortic insufficiency by circumclusion. *The Journal of Thoracic Surgery*, 1958, vol. 35, no. 2, s. 192-205.
20. ROSS, D. N. Surgical reconstruction of the aortic valve. *Lancet*, 1963, vol. 1, no. 7281, s. 571-574.
21. CABROL, C., CABROL, A., GUIRAUDON, G., BERTRAND, M. Treatment of aortic insufficiency by means of aortic annuloplasty. *Archives des Maladies du Coeur et des Vaisseaux*, 1966, vol. 59, no. 9, s. 1305-1312.

22. STARR, A., HERR, R. H., WOOD, J. A. Mitral replacement. Review of six years' experience. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1967, vol. 54, no. 3, s. 333-358.
23. BINET, J. P., CARPENTIER, A., LANGLOIS, J. Clinical use of heterografts for replacement of the aortic valve. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1968, vol. 55, no. 2, s. 238-242.
24. HERR, R. H., STARR, A., PIERIE, W. R., WOOD, J. A., BIGELOW, J. C. Aortic valve replacement. A review of six years' experience with the ball-valve prosthesis. *The Annals of Thoracic Surgery*, 1968, vol. 6, no. 3, s. 199-218.
25. ŽÁČEK, P., VOJÁČEK, J., HARRER, J., HOLUBEC, T., TUNA, M., VANEKOVÁ, S., DOMINIK, J. Externí aortální anuloplastika prstencem jako nový prvek při záchovné remodelaci dystrofického aortálního kořene. *Intervenční a Akutní Kardiologie* 2011, vol. 10, no. 5-6, s. 213-218.
26. AICHER, D., KUNIHARA, T., ABOU ISSA, O., BRITTNER, B., GRABER, S., SCHAFERS, H. J. Valve configuration determines long-term results after repair of the bicuspid aortic valve. *Circulation*, 2011, vol. 123, no. 2, s. 178-185.
27. SVENSSON, L. G., BATIZY, L. H., BLACKSTONE, E. H., GILLINOV, A. M., MOON, M. C., D'AGOSTINO, R. S., NADOLNY, E. M., STEWART, W. J., GRIFFIN, B. P., HAMMER, D. F., GRIMM, R., LYTLE, B. W. Results of matching valve and root repair to aortic valve and root pathology. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2011, vol. 142, no. 6, s. 1491-1498 e1497.
28. PRICE, J., DE KERCHOVE, L., GLINEUR, D., VANOVERSCHELDE, J. L., NOIRHOMME, P., EL KHOURY, G. Risk of valve-related events after aortic valve repair. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2013, vol. 95, no. 2, s. 606-612; discussion 613.
29. DAVID, T. E., ARMSTRONG, S., MANLHIOT, C., MCCRINDLE, B. W., FEINDEL, C. M. Long-term results of aortic root repair using the reimplantation technique. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2013, vol. 145, no. 3 Suppl, s. S22-25.
30. ROBICSEK, F. Leonardo da Vinci and the sinuses of Valsalva. *The Annals of Thoracic Surgery*, 1991, vol. 52, no. 2, s. 328-335.
31. BELLHOUSE, B. J., BELLHOUSE, F. H. Mechanism of closure of the aortic valve. *Nature*, 1968, vol. 217, no. 5123, s. 86-87.

32. BREWER, R. J., DECK, J. D., CAPATI, B., NOLAN, S. P. The dynamic aortic root. Its role in aortic valve function. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1976, vol. 72, no. 3, s. 413-417.
33. THUBRIKAR, M., BOSHER, L. P., NOLAN, S. P. The mechanism of opening of the aortic valve. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1979, vol. 77, no. 6, s. 863-870.
34. DAGUM, P., GREEN, G. R., NISTAL, F. J., DAUGHTERS, G. T., TIMEK, T. A., FOPPIANO, L. E., BOLGER, A. F., INGELS, N. B., Jr., MILLER, D. C. Deformational dynamics of the aortic root: modes and physiologic determinants. *Circulation*, 1999, vol. 100, no. 19 Suppl, s. II54-62.
35. ANDERSON, R. H. The surgical anatomy of the aortic root. *Multimedia Manual of Cardio-Thoracic Surgery*, 2007, vol. 2007, no. 0102, s.
36. ANTUNES, M. J. The aortic valve: an everlasting mystery to surgeons. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 2005, vol. 28, no. 6, s. 855-856.
37. SUTTON, J. P., 3rd, HO, S. Y., ANDERSON, R. H. The forgotten interleaflet triangles: a review of the surgical anatomy of the aortic valve. *The Annals of Thoracic Surgery*, 1995, vol. 59, no. 2, s. 419-427.
38. ROMAN, M. J., DEVEREUX, R. B., KRAMER-FOX, R., O'LOUGHLIN, J. Two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in normal children and adults. *The American Journal of Cardiology*, 1989, vol. 64, no. 8, s. 507-512.
39. EL KHOURY, G., GLINEUR, D., RUBAY, J., VERHELST, R., D'ACQZ, Y., PONCELET, A., ASTARCI, P., NOIRHOMME, P., VAN DYCK, M. Functional classification of aortic root/valve abnormalities and their correlation with etiologies and surgical procedures. *Current Opinion in Cardiology*, 2005, vol. 20, no. 2, s. 115-121.
40. PIAZZA, N., DE JAEGERE, P., SCHULTZ, C., BECKER, A. E., SERRUYS, P. W., ANDERSON, R. H. Anatomy of the aortic valvar complex and its implications for transcatheter implantation of the aortic valve. *Circulation: Cardiovascular Interventions*, 2008, vol. 1, no. 1, s. 74-81.
41. WARD, C. Clinical significance of the bicuspid aortic valve. *Heart*, 2000, vol. 83, no. 1, s. 81-85.
42. SIEVERS, H. H., SCHMIDTKE, C. A classification system for the bicuspid aortic valve from 304 surgical specimens. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2007, vol. 133, no. 5, s. 1226-1233.

43. SCHAFERS, H. J., AICHER, D., RIODIONYCHEVA, S., LINDINGER, A., RADLEHURST, T., LANGER, F., ABDUL-KHALIQ, H. Bicuspidization of the unicuspid aortic valve: a new reconstructive approach. *The Annals of thoracic surgery*, 2008, vol. 85, no. 6, s. 2012-2018.
44. MISFELD, M., SIEVERS, H. H. Heart valve macro- and microstructure. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 2007, vol. 362, no. 1484, s. 1421-1436.
45. FLACHSKAMPF, F. A., BADANO, L., DANIEL, W. G., FENECK, R. O., FOX, K. F., FRASER, A. G., PASQUET, A., PEPI, M., PEREZ DE ISLA, L., ZAMORANO, J. L., ROELANDT, J. R., PIERARD, L. Recommendations for transoesophageal echocardiography: update 2010. *European Journal of Echocardiography*, 2010, vol. 11, no. 7, s. 557-576.
46. SCHAFERS, H. J., BIERBACH, B., AICHER, D. A new approach to the assessment of aortic cusp geometry. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2006, vol. 132, no. 2, s. 436-438.
47. TAMAS, E., NYLANDER, E. Echocardiographic description of the anatomic relations within the normal aortic root. *The Journal of Heart Valve Disease*, 2007, vol. 16, no. 3, s. 240-246.
48. SCHAFERS, H. J., SCHMIED, W., MAROM, G., AICHER, D. Cusp height in aortic valves. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2013, vol. 146, no. 2, s. 269-274.
49. LANSAC, E., LIM, H. S., SHOMURA, Y., LIM, K. H., RICE, N. T., GOETZ, W., ACAR, C., DURAN, C. M. A four-dimensional study of the aortic root dynamics. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2002, vol. 22, no. 4, s. 497-503.
50. LANSAC, E., LIM, H. S., SHOMURA, Y., LIM, K. H., RICE, N. T., GOETZ, W. A., DURAN, C. M. Aortic root dynamics are asymmetric. *The Journal of Heart Valve Disease*, 2005, vol. 14, no. 3, s. 400-407.
51. KILNER, P. J., YANG, G. Z., MOHIADDIN, R. H., FIRMIN, D. N., LONGMORE, D. B. Helical and retrograde secondary flow patterns in the aortic arch studied by three-directional magnetic resonance velocity mapping. *Circulation*, 1993, vol. 88, no. 5 Pt 1, s. 2235-2247.
52. CHENG, A., DAGUM, P., MILLER, D. C. Aortic root dynamics and surgery: from craft to science. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 2007, vol. 362, no. 1484, s. 1407-1419.

53. VAN RENTERGHEM, R. J., VAN STEENHOVEN, A. A., ARTS, T., RENEMAN, R. S. Deformation of the dog aortic valve ring during the cardiac cycle. *Pflugers Archiv: European Journal of Physiology*, 1988, vol. 412, no. 6, s. 647-653.
54. LANSAC, E., LIM, K. H., SHOMURA, Y., GOETZ, W. A., LIM, H. S., RICE, N. T., SABER, H., DURAN, C. M. Dynamic balance of the aortomitral junction. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2002, vol. 123, no. 5, s. 911-918.
55. LANSAC, E., LIM, H. S., SHOMURA, Y., LIM, K. H., GOETZ, W., RICE, N. T., ACAR, C., DURAN, C. M. Aortic and pulmonary root: are their dynamics similar? *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2002, vol. 21, no. 2, s. 268-275.
56. LANSAC, E., DI CENTA, I., BONNET, N., LEPRINCE, P., RAMA, A., ACAR, C., PAVIE, A., GANDJBAKHCH, I. Aortic prosthetic ring annuloplasty: a useful adjunct to a standardized aortic valve-sparing procedure? *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2006, vol. 29, no. 4, s. 537-544.
57. 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. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 2009, vol. 137, no. 2, s. 286-294.
58. BOODHWANI, M., DE KERCHOVE, L., GLINEUR, D., RUBAY, J., VANOVERSHELDE, J. L., NOIRHOMME, P., EL KHOURY, G. Repair of regurgitant bicuspid aortic valves: a systematic approach. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 2010, vol. 140, no. 2, s. 276-284 e271.
59. LANSAC, E., DI CENTA, I., SLEILATY, G., CROZAT, E. A., BOUCHOT, O., HACINI, R., BLIN, D., DOGUET, F., BESSOU, J. P., ALBAT, B., DE MARIA, R., VILLEMOT, J. P., PORTOCARRERO, E., ACAR, C., CHATEL, D., LOPEZ, S., FOLLIGUET, T., DEBAUCHEZ, M. An aortic ring: from physiologic reconstruction of the root to a standardized approach for aortic valve repair. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2010, vol. 140, no. 6 Suppl, s. S28-35; discussion S45-51.
60. AICHER, D., SCHAFERS, H. J. Aortic valve repair--current status, indications, and outcomes. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2012, vol. 24, no. 3, s. 195-201.
61. STARR, A., MENASHE, V., DOTTER, C. Surgical correction of aortic insufficiency associated with ventricular septal defect. *Surgery, Gynecology & Obstetrics*, 1960, vol. 111, no. 7, s. 71-76.

62. GARAMELLA, J. J., CRUZ, A. B., Jr., HEUPEL, W. H., DAHL, J. C., JENSEN, N. K., BERMAN, R. Ventricular septal defect with aortic insufficiency: Successful surgical correction of both defects by the transaortic approach. *The American Journal of Cardiology*, 1960, vol. 5, no. s. 266-272.
63. SPENCER, F. C., BAHNSON, H. T., NEILL, C. A. The treatment of aortic regurgitation associated with a ventricular septal defect. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1962, vol. 43, no. s. 222-233.
64. ELLIS, F. H., Jr., ONGLEX, P. A., KIRKLIN, J. W. Ventricular Septal Defect with Aortic Valvular Incompetence: Surgical Considerations. *Circulation*, 1963, vol. 27, no. 4, s. 789-795.
65. TRUSLER, G. A., MOES, C. A., KIDD, B. S. Repair of ventricular septal defect with aortic insufficiency. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1973, vol. 66, no. 3, s. 394-403.
66. DOMINIK, J., ZACEK, P. *Heart Valve Surgery: An Illustrated Guide*. 1st edition, 2010. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-642-12205-7.
67. DURAN, C., KUMAR, N., GOMETZA, B., AL HALEES, Z. Indications and limitations of aortic valve reconstruction. *The Annals of Thoracic Surgery*, 1991, vol. 52, no. 3, s. 447-453; discussion 453-444.
68. FRATER, R. W. Aortic valve insufficiency due to aortic dilatation: correction by sinus rim adjustment. *Circulation*, 1986, vol. 74, no. 3 Pt 2, s. I136-142.
69. COSGROVE, D. M., ROSENKRANZ, E. R., HENDREN, W. G., BARTLETT, J. C., STEWART, W. J. Valvuloplasty for aortic insufficiency. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1991, vol. 102, no. 4, s. 571-576; discussion 576-577.
70. FAGAN, A., YACOUB, M. H., PILLAI, R., RADLEY-SMITH, R. Dacron replacement of the ascending aorta and sinuses with re-suspension of the aortic valve and re-implantation of the coronary arteries: a new method for treatment of aneurysmal or acute dissection of the aortic root. Proceedings of Joint International Cardiovascular and Thoracic Surgical Conference, Stockholm. *The Scandinavian Journal Cardiothoracic Surgery*, 1982, vol. no. s.
71. DAVID, T. E., FEINDEL, C. M. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1992, vol. 103, no. 4, s. 617-621; discussion 622.

72. HAYDAR, H. S., HE, G. W., HOVAGUIMIAN, H., MCIRVIN, D. M., KING, D. H., STARR, A. Valve repair for aortic insufficiency: surgical classification and techniques. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 1997, vol. 11, no. 2, s. 258-265.
73. KARI, F. A., SIEPE, M., SIEVERS, H. H., BEYERSDORF, F. Repair of the regurgitant bicuspid or tricuspid aortic valve: background, principles, and outcomes. *Circulation*, 2013, vol. 128, no. 8, s. 854-863.
74. AICHER, D., LANGER, F., ADAM, O., TSCHOLL, D., LAUSBERG, H., SCHAFERS, H. J. Cusp repair in aortic valve reconstruction: does the technique affect stability? *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2007, vol. 134, no. 6, s. 1533-1538; discussion 1538-1539.
75. DAVID, T. E., MAGANTI, M., ARMSTRONG, S. Aortic root aneurysm: principles of repair and long-term follow-up. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2010, vol. 140, no. 6 Suppl, s. S14-19; discussion S45-51.
76. HOLUBEC, T., ZACEK, P., TUNA, M., DOMINIK, J., HARRER, J., TELEKES, P., NEDBAL, P., VOJACEK, J. Aortic valve repair in patients with aortic regurgitation: Experience with the first 100 cases. *Cor et Vasa*, 2013, vol. 55, no. 6, s. e479-e486.
77. AICHER, D., SCHNEIDER, U., SCHMIED, W., KUNIHARA, T., TOCHII, M., SCHAFERS, H. J. Early results with annular support in reconstruction of the bicuspid aortic valve. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2013, vol. 145, no. 3 Suppl, s. S30-34.
78. DE KERCHOVE, L., BOODHWANI, M., GLINEUR, D., PONCELET, A., RUBAY, J., WATREMEZ, C., VANOVERSCHELDE, J. L., NOIRHOMME, P., EL KHOURY, G. Cusp prolapse repair in trileaflet aortic valves: free margin plication and free margin resuspension techniques. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2009, vol. 88, no. 2, s. 455-461; discussion 461.
79. DAVID, T. E., ARMSTRONG, S. Aortic cusp repair with Gore-Tex sutures during aortic valve-sparing operations. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2010, vol. 139, no. 5, s. 1340-1342.
80. EL KHOURY, G., VANOVERSCHELDE, J. L., GLINEUR, D., PIERARD, F., VERHELST, R. R., RUBAY, J., FUNKEN, J. C., WATREMEZ, C., ASTARCI, P., LACROIX, V., PONCELET, A., NOIRHOMME, P. Repair of bicuspid aortic valves in patients with aortic regurgitation. *Circulation*, 2006, vol. 114, no. 1 Suppl, s. I610-616.
81. CASSELMAN, F. P., GILLINOV, A. M., AKHRASS, R., KASIRAJAN, V., BLACKSTONE, E. H., COSGROVE, D. M. Intermediate-term durability of bicuspid

- aortic valve repair for prolapsing leaflet. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 1999, vol. 15, no. 3, s. 302-308.
82. AICHER, D., BEWARDER, M., KINDERMANN, M., ABDUL-KHALIQUE, H., SCHAFERS, H. J. Aortic valve function after bicuspidization of the unicuspid aortic valve. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2013, vol. 95, no. 5, s. 1545-1550.
83. MCMULLAN, D. M., OPPIDO, G., DAVIES, B., KAWAHIRA, Y., COCHRANE, A. D., D'UDEKEM D'ACCOZ, Y., PENNY, D. J., BRIZARD, C. P. Surgical strategy for the bicuspid aortic valve: tricuspization with cusp extension versus pulmonary autograft. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2007, vol. 134, no. 1, s. 90-98.
84. POLIMENAKOS, A. C., SATHANANDAM, S., ELZEIN, C., BARTH, M. J., HIGGINS, R. S., ILBAWI, M. N. Aortic cusp extension valvuloplasty with or without tricuspization in children and adolescents: long-term results and freedom from aortic valve replacement. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2010, vol. 139, no. 4, s. 933-941; discussion 941.
85. VOHRA, H. A., DEKERCHOVE, L., RUBAY, J., ELKHOURY, G. A simple technique of commissural reconstruction in aortic valve-sparing surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2013, vol. 145, no. 3, s. 882-886.
86. PRETRE, R., KADNER, A., DAVE, H., BETTEX, D., GENONI, M. Tricuspidisation of the aortic valve with creation of a crown-like annulus is able to restore a normal valve function in bicuspid aortic valves. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2006, vol. 29, no. 6, s. 1001-1006.
87. DE LA ZERDA, D. J., COHEN, O., FISHBEIN, M. C., ODIM, J., C, A. C., HEKMAT, D., DINOV, I., LAKS, H. Aortic valve-sparing repair with autologous pericardial leaflet extension has a greater early re-operation rate in congenital versus acquired valve disease. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2007, vol. 31, no. 2, s. 256-260.
88. VOJÁČEK, J., TUNA, M., VANEKOVÁ, S., DOMINIK, J., ŽÁČEK, P., POLANSKY, P., BRŤKO, M., NEDBAL, P., TELEKES, P., HARRER, J. Aortic valve-sparing surgery-early and mid-term outcomes. *Cor et Vasa*, 2009, vol. 51, no. 11-12, s. 781-788.
89. AICHER, D., FRIES, R., RODIONYCHEVA, S., SCHMIDT, K., LANGER, F., SCHAFERS, H. J. Aortic valve repair leads to a low incidence of valve-related complications. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2010, vol. 37, no. 1, s. 127-132.

90. BADIU, C. C., BLEIZIFFER, S., EICHINGER, W. B., ZAIMOVA, I., HUTTER, A., MAZZITELLI, D., VOSS, B., LANGE, R. Are bicuspid aortic valves a limitation for aortic valve repair? *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2011, vol. 40, no. 5, s. 1097-1104.
91. NAVARRA, E., EL KHOURY, G., GLINEUR, D., BOODHWANI, M., VAN DYCK, M., VANOVERSCHELDE, J. L., NOIRHOMME, P., DE KERCHOVE, L. Effect of annulus dimension and annuloplasty on bicuspid aortic valve repair. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2013, vol. 44, no. 2, s. 316-322; discussion 322-313.
92. IZUMOTO, H., KAWAZOE, K., KAWASE, T., KIM, H. Subvalvular circular annuloplasty as a component of aortic valve repair. *The Journal of Heart Valve Disease*, 2002, vol. 11, no. 3, s. 383-385.
93. HAHM, S. Y., CHOO, S. J., LEE, J. W., SEO, J. B., LIM, T. H., SONG, J. K., SHIN, J. K., SONG, M. G. Novel technique of aortic valvuloplasty. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2006, vol. 29, no. 4, s. 530-536.
94. FATTOUCH, K., SAMPOGNARO, R., SPEZIALE, G., RUVOLO, G. New technique for aortic valve functional annulus reshaping using a handmade prosthetic ring. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2011, vol. 91, no. 4, s. 1154-1158.
95. LANSAC, E., DI CENTA, I., VARNIOUS, S., RAMA, A., JAULT, F., DURAN, C. M., ACAR, C., PAVIE, A., GANDJBAKHCH, I. External aortic annuloplasty ring for valve-sparing procedures. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2005, vol. 79, no. 1, s. 356-358.
96. MAZZITELLI, D., NÖBAUER, C., RANKIN, J. S., BADIU, C. C., KRANE, M., CROOKE, P. S., COHN, W. E., OPITZ, A., SCHREIBER, C., LANGE, R. Early Results After Implantation of a New Geometric Annuloplasty Ring for Aortic Valve Repair. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2013, vol. 95, no. 1, s. 94-97.
97. RANKIN, J. S., DALLEY, A. F., CROOKE, P. S., ANDERSON, R. H. A 'hemispherical' model of aortic valvar geometry. *The Journal of Heart Valve Disease*, 2008, vol. 17, no. 2, s. 179-186.
98. RANKIN, J. S., BONE, M. C., FRIES, P. M., AICHER, D., SCHAFERS, H. J., CROOKE, P. S. A refined hemispheric model of normal human aortic valve and root geometry. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2013, vol. 146, no. 1, s. 103-108 e101.
99. RANKIN, J. S., CONGER, J. L., TUZUN, E., WINKLER, J. A., HARMS, K. M., BEAVAN, L. A., FOSSUM, T., COHN, W. E. In vivo testing of an intra-annular aortic

valve annuloplasty ring in a chronic calf model. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2012, vol. 42, no. 1, s. 149-154.

100. MAZZITELLI, D., STAMM, C., RANKIN, J. S., NOBAUER, C., PIRK, J., MEURIS, B., CROOKE, P. S., WAGNER, A., BEAVAN, L. A., GRIFFIN, C. D., POWERS, D., NASSERI, B., SCHREIBER, C., HETZER, R., LANGE, R. Hemodynamic outcomes of geometric ring annuloplasty for aortic valve repair: A four-center pilot trial. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2013, vol. no. s.

101. DURAN, C. M., GALLO, R., PRABHAKAR, G., KUMAR, N., HAINAU, B. New prosthetic ring for aortic valve annuloplasty. *Cardiovascular Surgery (London, England)*, 1993, vol. 1, no. 2, s. 166-171.

102. REIMOLD, S. C., ARANKI, S. F., CAGUIOA, E. S., SOLOMON, S. D., BIRJINIUK, V., COHN, L. H., LEE, R. T. An external aortic root device for decreasing aortic regurgitation: in vitro and in vivo animal studies. *Journal of Cardiac Surgery*, 1994, vol. 9, no. 3, s. 304-313.

103. GOGBASHIAN, A., GHANTA, R. K., UMAKANTHAN, R., RANGARAJ, A. T., LAURENCE, R. G., FOX, J. A., COHN, L. H., CHEN, F. Y. Correction of aortic insufficiency with an external adjustable prosthetic aortic ring. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2007, vol. 84, no. 3, s. 1001-1005.

104. SCHARFSCHWERDT, M., PAWLIK, M., SIEVERS, H. H., CHARITOS, E. I. In vitro investigation of aortic valve annuloplasty using prosthetic ring devices. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2011, vol. 40, no. 5, s. 1127-1130.

105. YACoub, M. H., FAGAN, A., STASSANO, P., RADLEY-SMITH, R. Results of valve conserving operations for aortic regurgitation. *Circulation*, 1983, vol. 68, no. 2, s. 311-321.

106. DE PAULIS, R., DE MATTEIS, G. M., NARDI, P., SCAFFA, R., BURATTA, M. M., CHIARIELLO, L. Opening and closing characteristics of the aortic valve after valve-sparing procedures using a new aortic root conduit. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2001, vol. 72, no. 2, s. 487-494.

107. FRIES, R., GRAETER, T., AICHER, D., REUL, H., SCHMITZ, C., BOHM, M., SCHAFERS, H. J. In vitro comparison of aortic valve movement after valve-preserving aortic replacement. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2006, vol. 132, no. 1, s. 32-37.

108. ERASMI, A., SIEVERS, H. H., SCHARFSCHWERDT, M., ECKEL, T., MISFELD, M. In vitro hydrodynamics, cusp-bending deformation, and root distensibility for different

- types of aortic valve-sparing operations: remodeling, sinus prosthesis, and reimplantation. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2005, vol. 130, no. 4, s. 1044-1049.
109. LEYH, R. G., SCHMIDTKE, C., SIEVERS, H. H., YACOUB, M. H. Opening and closing characteristics of the aortic valve after different types of valve-preserving surgery. *Circulation*, 1999, vol. 100, no. 21, s. 2153-2160.
110. DE PAULIS, R., DE MATTEIS, G. M., NARDI, P., SCAFFA, R., COLELLA, D. F., BASSANO, C., TOMAI, F., CHIARIELLO, L. One-year appraisal of a new aortic root conduit with sinuses of Valsalva. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2002, vol. 123, no. 1, s. 33-39.
111. GRAETER, T. P., KINDERMANN, M., FRIES, R., LANGER, F., SCHAFERS, H. J. Comparison of aortic valve gradient during exercise after aortic valve reconstruction. *Chest*, 2000, vol. 118, no. 5, s. 1271-1277.
112. DE PAULIS, R., DE MATTEIS, G. M., NARDI, P., SCAFFA, R., BASSANO, C., CHIARIELLO, L. Analysis of valve motion after the reimplantation type of valve-sparing procedure (David I) with a new aortic root conduit. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2002, vol. 74, no. 1, s. 53-57.
113. DAVID, T. E., FEINDEL, C. M., WEBB, G. D., COLMAN, J. M., ARMSTRONG, S., MAGANTI, M. Long-term results of aortic valve-sparing operations for aortic root aneurysm. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2006, vol. 132, no. 2, s. 347-354.
114. ERASMI, A. W., SIEVERS, H. H., BECHTEL, J. F., HANKE, T., STIERLE, U., MISFELD, M. Remodeling or reimplantation for valve-sparing aortic root surgery? *The Annals of Thoracic Surgery*, 2007, vol. 83, no. 2, s. S752-756; discussion S785-790.
115. RAHNAVARDI, M., YAN, T. D., BANNON, P. G., WILSON, M. K. Aortic valve-sparing operations in aortic root aneurysms: remodeling or reimplantation? *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, 2011, vol. 13, no. 2, s. 189-197.
116. DAVID, T. E., ARMSTRONG, S., IVANOV, J., FEINDEL, C. M., OMRAN, A., WEBB, G. Results of aortic valve-sparing operations. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2001, vol. 122, no. 1, s. 39-46.
117. VAN SON, J. A., BATTELLINI, R., MIERZWA, M., WALTHER, T., AUTSCHBACH, R., MOHR, F. W. Aortic root reconstruction with preservation of native aortic valve and sinuses in aortic root dilatation with aortic regurgitation. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1999, vol. 117, no. 6, s. 1151-1156.

118. GRANDE-ALLEN, K. J., COCHRAN, R. P., REINHALL, P. G., KUNZELMAN, K. S. Re-creation of sinuses is important for sparing the aortic valve: a finite element study. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2000, vol. 119, no. 4 Pt 1, s. 753-763.
119. MILLER, D. C. Valve-sparing aortic root replacement in patients with the Marfan syndrome. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2003, vol. 125, no. 4, s. 773-778.
120. COCHRAN, R. P., KUNZELMAN, K. S., EDDY, A. C., HOFER, B. O., VERRIER, E. D. Modified conduit preparation creates a pseudosinus in an aortic valve-sparing procedure for aneurysm of the ascending aorta. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1995, vol. 109, no. 6, s. 1049-1057; discussion 1057-1048.
121. LIU, L., WANG, W., WANG, X., TIAN, C., MENG, Y. H., CHANG, Q. Reimplantation versus remodeling: a meta-analysis. *Journal of Cardiac Surgery*, 2011, vol. 26, no. 1, s. 82-87.
122. TIAN, D., RAHNAVARDI, M., YAN, T. D. Aortic valve sparing operations in aortic root aneurysms: remodeling or reimplantation? *Annals of Cardiothoracic Surgery*, 2013, vol. 2, no. 1, s. 44-52.
123. HANKE, T., CHARITOS, E. I., STIERLE, U., ROBINSON, D., GORSKI, A., SIEVERS, H. H., MISFELD, M. Factors associated with the development of aortic valve regurgitation over time after two different techniques of valve-sparing aortic root surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2009, vol. 137, no. 2, s. 314-319.
124. PETHIG, K., MILZ, A., HAGL, C., HARRINGER, W., HAVERICH, A. Aortic valve reimplantation in ascending aortic aneurysm: risk factors for early valve failure. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2002, vol. 73, no. 1, s. 29-33.
125. VOJÁČEK, J., HARRER, J., DOMINIK, J., ŽÁČEK, P., MANDÁK, J., TUNA, M., BRŤKO, M., HLUBOCKÝ, J., MOKRÁČEK, A. Možnosti rekonstrukčních výkonů u pacientů s bikuspidální aortální chlopní. *Cor et Vasa*, 2010, vol. 52, no. 9, s. 523-530.
126. TOPS, L. F., WOOD, D. A., DELGADO, V., SCHUIJF, J. D., MAYO, J. R., PASUPATI, S., LAMERS, F. P., VAN DER WALL, E. E., SCHALIJ, M. J., WEBB, J. G., BAX, J. J. Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography implications for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovascular Imaging*, 2008, vol. 1, no. 3, s. 321-330.
127. DASHKEVICH, A., BLANKE, P., SIEPE, M., PACHE, G., LANGER, M., SCHLENSAK, C., BEYERSDORF, F. Preoperative assessment of aortic annulus

dimensions: comparison of noninvasive and intraoperative measurement. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2011, vol. 91, no. 3, s. 709-714.

128. AKINS, C. W., MILLER, D. C., TURINA, M. I., KOUCHOUKOS, N. T., BLACKSTONE, E. H., GRUNKEMEIER, G. L., TAKKENBERG, J. J., DAVID, T. E., BUTCHART, E. G., ADAMS, D. H., SHAHIAN, D. M., HAGL, S., MAYER, J. E., LYTLE, B. W. Guidelines for reporting mortality and morbidity after cardiac valve interventions. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2008, vol. 135, no. 4, s. 732-738.

129. BIERBACH, B. O., AICHER, D., ISSA, O. A., BOMBERG, H., GRABER, S., GLOMBITZA, P., SCHAFERS, H. J. Aortic root and cusp configuration determine aortic valve function. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2010, vol. 38, no. 4, s. 400-406.

130. YACOUB, M. H., GEHLE, P., CHANDRASEKARAN, V., BIRKS, E. J., CHILD, A., RADLEY-SMITH, R. Late results of a valve-preserving operation in patients with aneurysms of the ascending aorta and root. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1998, vol. 115, no. 5, s. 1080-1090.

131. AICHER, D., LANGER, F., LAUSBERG, H., BIERBACH, B., SCHAFERS, H. J. Aortic root remodeling: ten-year experience with 274 patients. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2007, vol. 134, no. 4, s. 909-915.

132. DE KERCHOVE, L., BOODHWANI, M., GLINEUR, D., PONCELET, A., VERHELST, R., ASTARCI, P., LACROIX, V., RUBAY, J., VANDYCK, M., VANOVERSHELDE, J. L., NOIRHOMME, P., EL KHOURY, G. Effects of preoperative aortic insufficiency on outcome after aortic valve-sparing surgery. *Circulation*, 2009, vol. 120, no. 11 Suppl, s. S120-126.

133. MALVINDI, P. G., RAFFA, G. M., BASCIU, A., CITTERIO, E., CAPPAL, A., ORNAGHI, D., TARELLI, G., SETTEPANI, F. Bicuspidy does not affect reoperation risk following aortic valve reimplantation. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, 2012, vol. 14, no. 6, s. 717-720.

134. LEONTYEV, S., TROMMER, C., SUBRAMANIAN, S., LEHMANN, S., DMITRIEVA, Y., MISFELD, M., MOHR, F. W., BORGER, M. A. The outcome after aortic valve-sparing (David) operation in 179 patients: a single-centre experience. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2012, vol. 42, no. 2, s. 261-266; discussion 266-267.

135. FATTOUCH, K., MURANA, G., CASTROVINCI, S., NASSO, G., MOSSUTO, C., CORRADO, E., RUVOLO, G., SPEZIALE, G. Outcomes of aortic valve repair according to valve morphology and surgical techniques. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, 2012, vol. 15, no. 4, s. 644-650.

136. VOJACEK, J., SPATENKA, J., HOLUBEC, T., ZACEK, P. Coroneo extra-aortic annuloplasty ring could stabilize even the pulmonary autograft annulus in a Ross operation. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2013, vol. 43, no. 2, s. 431-433.