

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**  
**FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD**  
**Ústav radiologických metod**

**Transkatetrová náhrada aortální chlopně**  
**(TAVI)**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Vendula Molinová  
Vedoucí práce: MUDr. Miloslav Špaček, Ph.D.

2021

## PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci dne ..... ..

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěla bych poděkovat vedoucímu práce panu MUDr. Miloslavu Špačkovi Ph.D. za jeho vstřícný přístup, trpělivost, ochotu a čas při zpracování diplomové práce. Dále chci poděkovat za všechny rady a opravy paní Ing. Lence Strouhalové, která byla velmi ochotna a strávila svůj čas nad mou diplomovou prací. Děkuji personálu Fakultní nemocnice Olomouc, že mi umožnil sbírat a hodnotit data. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině za jejich veškerou podporu, trpělivost a důvěru během studia.

## **Anotace**

**Typ závěrečné práce:** Diplomová práce

**Téma práce:** Intervenční kardiologie

**Název práce:** Transkatetrová náhrada aortální chlopně (TAVI)

**Název práce v AJ:** Transcatheter aortic valve implantation (TAVI)

**Datum zadání:** 28.1.2020

**Datum odevzdání:** 16.7.2021

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

**Autor práce:** Bc. Vendula Molinová

**Vedoucí práce:** MUDr. Miloslav Špaček, Ph.D.

**Oponent práce:**

### **Abstrakt v ČJ:**

Diplomová práce shrnuje problematiku aortální stenózy včetně diagnostiky s využitím zobrazovacích metod a terapeutických postupů se zaměřením na transkatetrovou náhradu aortální chlopně („transcatheter aortic valve implantation“ – TAVI).

Cílem praktické části bylo změřit rozměry aortálního bulbu a aortální junkce získané při aortografii a porovnat je s relevantními měřeními získanými pomocí výpočetní tomografie (CT). Tato měření se využívají k optimalizaci volby typu aortální náhrady.

### **Abstrakt v AJ:**

The diploma thesis presents the diagnostic management of aortic valve stenosis including the imaging methods as well as treatment of aortic stenosis with focus on transcatheter aortic valve implantation (TAVI). The aim of the practical part was to obtain aortic bulb and aortic junction measurements provided by aortography and compare them to relevant measurements provided by computed tomography (CT). These measurements are used to optimize the type of replacement valve.

**Klíčová slova v ČJ:** Aortální stenóza, náhrada chlopně, katetry, kontrastní vyšetření, patologie, měření

**Klíčová slova v AJ:** *stenosis, valve replacement, catheters, contrast examination, pathology, measurement*

**Rozsah:** 96 stran včetně příloh

# OBSAH

ÚVOD.....	9
CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	9
METODIKA DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	10
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1        OBECNÝ ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
1.1        ÚVOD DO PROBLEMATIKY AORTÁLNÍ STENÓZY .....	12
1.2        PATOFYZIOLOGIE.....	12
1.3        ETIOLOGIE.....	14
1.3.1        VROZENÁ STENÓZA AORTÁLNÍ CHLOPNĚ .....	14
1.3.2        ZÍSKANÁ STENÓZA AORTÁLNÍ CHLOPNĚ.....	16
1.4        EPIDEMIOLOGIE.....	17
1.5        PROGNÓZA .....	17
<b>2        FYZIKÁLNÍ VYŠETŘENÍ .....</b>	<b>18</b>
2.1        SYSTOLICKÝ ŠELEST .....	18
<b>3        KLINICKÁ VYŠETŘENÍ .....</b>	<b>19</b>
3.1        ANAMNÉZA .....	19
3.1.1        BOLEST NA HRUDI.....	19
3.1.2        SRDEČNÍ SELHÁNÍ .....	19
3.1.3        SYNKOPA.....	19
3.1.4        DALŠÍ PROJEVY .....	20
3.2        ELEKTROKARDIOGRAFIE.....	20
3.3        LABORATORNÍ VYŠETŘENÍ.....	21
3.4        ZÁTĚŽOVÉ VYŠETŘENÍ.....	21
<b>4        ZOBRAZOVACÍ METODY .....</b>	<b>22</b>
4.1        ECHOKARDIOGRAFIE.....	22
4.2        SRDEČNÍ KATETRIZACE A KORONÁRNÍ ARTERIOGRAFIE .....	24
4.3        AORTOGRAFIE.....	25
4.4        VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE .....	26
4.5        MAGNETICKÁ REZONANCE.....	28
4.6        RADIOGRAFIE HRUDNÍKU .....	29
<b>5        TERAPIE AORTÁLNÍ STENÓZY .....</b>	<b>30</b>
5.1        OBECNÝ PŘÍSTUP A INDIKACE K VÝKONU .....	30

5.2	SLEDOVÁNÍ ASYMPTOMATICKÝCH PACIENTŮ.....	31
5.3	MEDIKAMENTOZNÍ TERAPIE .....	31
5.4	PERKUTÁNNÍ BALONKOVÁ VALVULOPLASTIKA .....	31
<b>6</b>	<b>CHIRURGICKÁ NÁHRADA AORTÁLNÍ CHLOPNĚ.....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>TRANSKATETROVÁ NÁHRADA AORTÁLNÍ CHLOPNĚ .....</b>	<b>35</b>
7.1	VÝBĚR PACIENTA .....	36
7.2	STRATIFIKACE RIZIKA.....	36
7.3	ANATOMICKÁ VHODNOST .....	36
7.4	KONTRAINDIKACE K TAVI .....	37
7.5	TYPY CHLOPNÍ U TAVI.....	38
7.6	KOMPLIKACE PO VÝKONU .....	39
7.6.1	CÉVNÍ MOZKOVÁ PŘÍHODA .....	39
7.6.2	PARAVALVULÁRNÍ REGURGITACE .....	39
7.6.3	ÚMRTÍ.....	40
7.6.4	CÉVNÍ A KRVÁČIVÉ KOMPLIKACE .....	40
7.6.5	PŘEVODNÍ PORUCHY .....	40
<b>8</b>	<b>SROVNÁNÍ CHIRURGICKÉ A TAVI LÉČBY.....</b>	<b>41</b>
8.1	STUDIE PARTNER I.....	41
<b>9</b>	<b>SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>43</b>
<b>II PRAKTICKÁ A VÝZKUMNÁ ČÁST .....</b>		<b>44</b>
<b>10</b>	<b>STANDARDIZOVANÉ ZOBRAZOVÁNÍ VELIKOSTI AORTÁLNÍHO ANULU.....</b>	<b>45</b>
10.1	ZOBRAZOVACÍ METODY MĚŘÍCÍ AORTÁLNÍ ANULUS .....	46
10.1.1	TRANSESOFAGEÁLNÍ ECHOKARDIOGRAFIE.....	46
10.1.2	MULTIDETEKTOROVÁ VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE .....	48
10.1.3	KALIBROVANÁ BALONKOVÁ AORTÁLNÍ VALVULOPLASTIKA... 51	
10.1.4	BULBOGRAFIE .....	54
<b>11</b>	<b>VÝZKUMNÁ ČÁST.....</b>	<b>55</b>
11.1	CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY .....	55
11.2	METODIKA .....	55
11.3	ANALÝZA SKUPINY PACIENTŮ .....	57
<b>ROZDĚLENÍ POHLAVÍ.....</b>		<b>57</b>
<b>ZKOUMANÉ OBDOBÍ .....</b>		<b>58</b>

<b>VĚKOVÉ ROZMEZÍ</b> .....	<b>58</b>
11.4 ZPŮSOB MĚŘENÍ .....	59
11.4.1 CT ANGIOGRAFIE .....	60
11.4.2 BULBOGRAFIE KALIBROVANÁ PODLE DÉLKY MEZI MARKERY KATETRU.....	63
11.4.3 BULBOGRAFIE KALIBROVANÁ PODLE ŠÍŘKY KATETRU.....	65
11.4.4 STATISTICKÉ POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ.....	67
<b>DISKUZE</b> .....	<b>69</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>71</b>
<b>REFERENČNÍ ZDROJE</b> .....	<b>72</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK</b> .....	<b>80</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>81</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>83</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ</b> .....	<b>84</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>85</b>



## ÚVOD

Katetrizační náhrada aortální chlopně neboli TAVI (zkratka pochází z anglického překladu Transcatheter Aortic Valve Implantation) značí nechirurgický zákrok určený pacientům s významnou stenózou aortální chlopně. Jedná se o závažné onemocnění srdce, které se projevuje námahovými obtížemi – dušností, bolestmi na hrudi, v některých případech i námahovými synkopami (náhlá ztráta vědomí). Stenóza aorty může vést k přetěžování srdce a výraznému zhoršení kvality života. Standardní léčba stenózy aortální chlopně spočívala v operaci srdce s otevřením hrudníku, přičemž degenerovaná chlopeň byla obvykle vyjmuta a nahrazena chlopní umělou za využití mimotělního oběhu. Alternativou chirurgického řešení byla medikamentózní symptomatická terapie, její efekt je však omezený a pouze paliativní.

V posledních dvou dekadách došlo díky technologickému pokroku k vyvinutí systému, který umožňuje zavedení nové umělé chlopně do místa degenerované chlopně miniinvasivním perkutánním přístupem bez potřeby otevřené chirurgické operace. Přes přístupová místa cévního řečiště je pomocí terapeutického katetru zavedena v požadovaném místě rozvinuta nová chlopeň. Zejména z pohledu rozsahu operační rány a následné rehabilitace jsou katetrizační techniky mnohem šetrnější, přičemž je nutné zdůraznit, že onemocnění stenózou aortální chlopně postihuje zejména starší pacienty (obvykle nad 70 let), jež mají v nemalém procentu jiné závažné přidružené choroby. Efekt zákroku je podle dosavadních poznatků srovnatelný se standardní chirurgickou operací s otevřením hrudníku.

## CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Primárním cílem diplomové práce bude porovnat relevantní hodnoty měření získaná neinvazivně pomocí CT vyšetření a invazivně pomocí aortografického (bulbografického) měření (za využití jak markerovaného nebo nemarkerovaného katetru). Budou hodnotit významnost odchylek měření získaných pomocí různých typů katetrů a budou porovnávány s hodnotami získanými pomocí CT, které je považováno za zlatý standard.

Dílčím cílem bude zmapování chirurgického a intervenčního řešení problematiky významné stenózy aortální chlopně, jejich srovnání a selekce vhodných pacientů pro danou metodu léčby.

## **METODIKA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

K dosažení stanovených cílů bude nutné zpracování teoretických poznatků, zejména obecné problematiky stenózy aortální chlopně, vyšetřovacích metod a terapeutických postupů využívaných v managementu těchto pacientů, jakož i selekční kritéria jednotlivých terapeutických postupů. Pro teoretickou část diplomové práce bude zvolena forma rešerše odborné literatury a článků. Poté bude ze získaných rešerší zpracována teoretická část, která se týká diplomové práce.

V praktické části se budu věnovat popisu obecných principů získávání hodnot měření využívaných v selekci optimální velikosti a typu chlopně u pacientů podstupujících TAVI. Zároveň budu popisovat získávání hodnot měření aortografického (bulbografického) vyšetření a CT angiografického vyšetření pacientů zařazených do výzkumné části. Všechna data k měření budou poskytnuta systémem PACS (Picture Archiving and Communication System) od pacientů vyšetřených ve Fakultní nemocnici Olomouc. Náběr dat bude prováděn retrospektivně z období roku 2018 a 2019.

Výzkumná část se bude věnovat zpracování a srovnání hodnot získaných pomocí aortografického (bulbografického) vyšetření a CT angiografického vyšetření.

## **I TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 OBECNÝ ÚVOD

Stenóza aortální chlopně patří mezi nejběžnější chlopenní vadu indikovanou k operačnímu či intervenčnímu řešení v Evropě a Severní Americe. Jedná se převážně o získanou vadu postihující starší pacienty. (Baumgartner, 2019)

## 1.1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY AORTÁLNÍ STENÓZY

Stenóza aortální chlopně vytváří hemodynamickou překážku, která zvyšuje odpor fyziologickému průtoku krve přes aortální chlopeň. Etiologie onemocnění je různorodá a zahrnuje vrozenou (změna počtu cípů oproti obvyklé trikuspidální), degenerativní a revmatickou. Degenerativní kalcifikovaná stenóza je v současní době nejčastější indikací náhrady aortální chlopně. Příznivý dlouhodobý výsledek po operaci aortální chlopně a relativně nízké operační riziko zdůrazňují důležitost včasné a přesné diagnózy. Příznaky aortální stenózy se rozvíjejí postupně po uplynutí asymptomatického latentního období trvajících i několik dekád a mohou být příznaky aortální stenózy chlopně zpočátku velmi nenápadné a pacienty zaměňované za běžné projevy „stárnutí“. Později většina pacientů nakonec reportuje alespoň jeden z příznaků „klasické triády“, mezi něž patří námahová bolest na hrudi, dušnost (obecně obraz srdečního selhávání) a synkopa. (Baumgartner, 2019)

Jediná efektivní léčba stenózy je náhrada aortální chlopně, která probíhá chirurgicky nebo perkutánně za použití doplňujících informací ze zobrazovacích metod. (Nishimura, 2014)

## 1.2 PATOFYZIOLOGIE

Proces zúžení aortální chlopně – ať již vrozený či získaný – vede k postupnému navyšování odporu na úrovni aortální chlopně a zvyšování nároků na levou komoru, která musí tento zvýšený odpor při každé vypuzovací (systolické) fázi srdečního cyklu překonávat. Mezi levou komorou a aortou dochází vlivem morfologických změn k obstrukci, která vede ke zvýšení gradientu systolického tlaku levé komory. Z důvodu kompenzace zvýšených nároků (tzv. afterload – „dotížení“) se tloušťka stěny levé komory zvýší paralelní replikací sarkomer a to tak, aby znormalizovala napětí stěny. Tento jev vede ke koncentrické hypertrofii – zesílení tloušťky srdeční stěny. V této fázi komora není rozšířena a je stále zachována její kontraktilní funkce. Díky přestavbě

srdeční stěny (snížení poddajnosti) však stoupne (end)diastolický tlak levé komory a způsobí pokles srdečního výdeje v důsledku diastolické dysfunkce – levá komora je optimálně plněna pouze za cenu zvýšení tlaků v levé síni. Tento stav se navenek manifestuje projevy srdečního selhání – zejména v případě tachykardie při námaze, kdy dojde ke zkrácení diastoly a tím i času na plnění levé komory – srdečné výdej tedy může být v klidu normální, avšak během cvičení se často nedokáže náležitě zvýšit. (Nishimura, 2014)

Po korekci obstrukce chlopně a normalizaci průtoků často hypertrofie levé komory výrazně regreduje či kompletně ustoupí. U některých jedinců se může objevit rozsáhlá fibróza myokardu, která může být trvalá. (Nishimura, 2014)

Zvýšení hmotnosti levé komory při hypertrofii jde ruku v ruce se zvýšenou spotřebou kyslíku myokardu, a to nejvíce v subendokardiální oblasti. Ta však nemusí být dostatečně kompenzována (limitovaným) navýšením kapilární denzity a navíc zvýšení enddiastolického tlaku v levé komoře dále kompromituje kapilární průtok myokardem, který je možný pouze a právě v diastole (v systole jsou myokardiální kapiláry komprimovány srdeční kontrakcí). Subendokardiální oblast je citlivá na nedostatečnou perfúzi a tento nepoměr spotřeby a přísunu kyslíku vede k rozvoji ischemie myokardu a klinickým příznakům anginy pectoris projevující se námahovou bolestí na hrudi. Systolická dysfunkce jakožto konečný důsledek již vyčerpané schopnosti komory kompenzovat obstrukci je známkou již terminální fáze procesu aortální stenózy. (Nishimura, 2014)

### 1.3 ETIOLOGIE

Aortální stenóza v širším smyslu zahrnuje i subvalvární a supravalvární příčiny obstrukce – obvykle vrozené vývojové vady. Stenóza aortální chlopně může být vrozená nebo získaná a přehled jejich příčin s četností výskytu je shrnut v následující tabulce. (Nishimura, 2014)

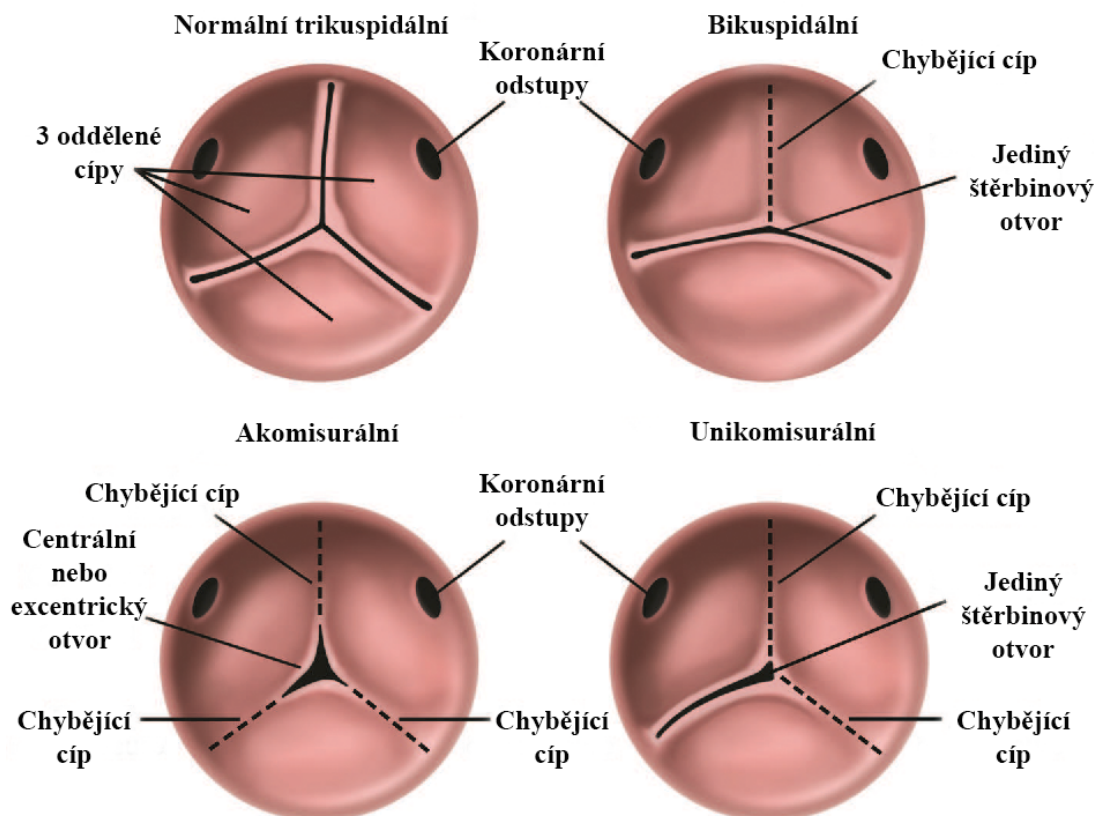
#### Příčiny stenózy aortální chlopně

Pacienti ve věku < 70 let	Pacienti ve věku > 70 let
Bikuspidální (50 %)	Degenerativní (48 %)
Pozánětlivé (25 %)	Bikuspidální (27 %)
Degenerativní (18 %)	Pozánětlivé (23 %)
Unikomisurální (3 %)	Hypoplastické (2 %)
Hypoplastické (2 %)	
Neurčité (2 %)	

Tabulka 1 Příčiny stenózy aortální chlopně (Zdroj: Nishimura, 2014)

#### 1.3.1 VROZENÁ STENÓZA AORTÁLNÍ CHLOPNĚ

Normálně anatomicky založená a vyvinutá aortální chlopeň má 3 cípy – trikuspidální. Není-li aortální chlopeň normálně založená či dojde-li k poruše jejího vývinu (např. částečným srůstem cípů) v důsledku toho dojde ke změně počtu nebo morfologie cípů, což má vliv na hemodynamické poměry na chlopni, které obvykle vedou k urychlené degeneraci. Nejčastější variantou je chlopeň dvoucípá (bikuspidální), vzácně pak unikuspidální či jiné anomálie.



Obrázek 1 Schéma porovnání variant aortální chlopně (Thota, Mookadam, 2011)

Například unikuspidální chlopeň může vést k závažné obstrukci již v mladém, dokonce i novorozeneckém věku – jedná se o potenciálně fatální vrozenou vývojovou vadu v novorozeneckém věku. U pacientů mladších patnácti let se objevuje aortální symptomatická stenóza na unikuspidální chlopni. (Nishimura, 2014)

U dospělých jedinců s rozvíjejícími se příznaky vrozené aortální stenózy se obvykle jedná o bikuspidální chlopeň. Během dětství a dospívání tato chlopeň nezpůsobuje výraznou obstrukci aortální chlopně, avšak změněná struktura chlopně vede k turbulentnímu proudění s traumatem listů, jejich fibróze, zvýšené tuhosti a kalcifikaci s postupnou progresí stenózy v dospělosti. (Tzemos, 2008)

Vrozená malformovaná „trikuspidální“ aortální chlopeň s nerovnoměrně velkými cípy či jejich částečným splynutím vede k turbulentnímu proudění s výše uvedenými morfologickými důsledky obvykle klinicky se projevujícími u dospělých, nejdříve po čtvrtém desetiletí jejich života. (Hughes, 2005)

### 1.3.2 ZÍSKANÁ STENÓZA AORTÁLNÍ CHLOPNĚ

Mezi hlavní příčiny získané stenózy aortální chlopně se řadí degenerativní kalcifikace a méně časté revmatické srdeční onemocnění. Degenerativní kalcifikovaná stenóza (nazývá se také senilní kalcifikovaná aortální stenóza) zahrnuje progresivní kalcifikaci cípů, což omezuje normální otevření chlopně při systole. Tato skutečnost má za následek dlouhodobé hemodynamické namáhání chlopně. Jedná se o nejčastější indikaci náhrady aortální chlopně. Kalcifikace může také zasahovat do mitrálního prstence a převodního systému, obvykle atrioventrikulárnímu bloku, který může vyžadovat implantaci kardiostimulátoru. (Hughes, 2005)

K rizikovým faktorům degenerativní kalcifikované aortální stenózy patří pokročilý věk, hypercholesterolemie, hypertenze, diabetes mellitus a kouření. Vývoj a progresse onemocnění ovlivňují aktivní procesy onemocnění na buněčné i molekulární úrovni, které vykazují podobnost s aterosklerózou, od začátku endoteliální dysfunkce až ke kalcifikaci. (Hughes, 2005)

U revmatické aortální stenózy se jedná o zánětlivé onemocnění, jež vede k progresivní fibróze cípů s různými stupni jejich srůstů (fúze). Takto změněné chlopně následně podléhají i kalcifikacím. Mimoto zánětlivý proces vede i k retrakci cípů s větší tendencí k regurgitaci, nežli je tomu v ostatních případech. V konečném důsledku je revmatická chlopeň často kombinovaně stenotická a regurgitující nebo dominantně regurgitující, což nebývá obvyklé u kalcifikovaných degenerativních stenóz. (Roberts, 2009)



## 1.4 EPIDEMIOLOGIE

Závažná aortální stenóza je v kojeneckém věku velmi vzácná. Vyskytuje se zhruba u 0,33 % narozených dětí a je způsobena nejčastěji unikuspidální chlopní. U většiny pacientů narozených s aortální bikuspidální chlopní se neobjeví příznaky až do doby středního věku nebo později. Příznaky způsobené revmatickou aortální stenózou se objevují úměrně zánětlivému procesu, přičemž výskyt revmatické horečky v podmínkách České republiky je vzácný – obvykle se jedná o vzácný výskyt s mírnými známkami revmatického procesu (fibrózou) a na ni nasedající urychlenou degenerací / kalcifikací v pozdním věku. Pojmem „skleróza aortální chlopně“ je označován morfologický stav přítomnosti kalcifikací bez obstrukce, který se postupně vyvíjí v kalcifikovanou aortální stenózu při rozvoji obstrukce. Skleróza aorty je přítomna ve 29 % u pacientů starších 65 let a ve 37 % u lidí starších 75 let. Prevalence stenózy aortální chlopně u starších osob (nad 70 let) je udávána v širokém rozmezí 2 % až 9 %, což je závislé na zvolených kritériích. Častější je výskyt u mužského pohlaví. (Townsend, 2008)

## 1.5 PROGNÓZA

Pacienti s těžkou aortální stenózou mohou být po mnohá léta asymptomatictí. Asymptomatictí pacienti mají i při těžké aortální stenóze výbornou prognózu, kdy očekávaná úmrtnost je méně než 1 % ročně. Pouze 4 % náhlých srdečních úmrtí s významnou aortální stenózou se vyskytuje u asymptomatických pacientů. Naopak u symptomatických pacientů s významnou aortální stenózou je míra úmrtnosti cca 25 % po prvním roce a 50 % po dvou letech. Náhlých úmrtí je více než 50 %. U pacientů, jejichž obstrukce aortální chlopně zůstává neléčená, je pravděpodobné, že časový interval od začátku příznaků ke smrti bude jeden a půl až dva roky z důvodu srdečního selhání, tři roky z důvodu synkopy a pět let při angině pectoris. (Tintinalli, 2004)

Srdeční katetrizační vyšetření spolu s echokardiografickými studiemi dokazují, že plocha chlopně se zmenšuje o 0,1 až 0,3 cm<sup>2</sup> za rok a gradient systolického tlaku se může zvýšit až o 10–15 mmHg / rok. Předvídat rychlost progresu u individuálního pacienta je však obtížné až nemožné. Je však dobře dokumentováno, že obstrukce aortální chlopně progreduje rychleji u pacientů s chronickou renální nedostatečností, což je způsobeno pravděpodobně kombinací více vlivů včetně hypertenze a kalciofosfátového metabolismu. (Tintinalli, 2004)

## 2 FYZIKÁLNÍ VYŠETŘENÍ

U významné aortální stenózy má karotický arteriální puls typicky zpožděný a rovinný vrchol, sníženou amplitudu a postupný sestup (pomalý nástup odpovídá neochotnému otevírání rigidní aortální chlopně) a latinsky bývá nazván „pulsus parvus et tardus“ (slabý a opožděný puls). Avšak u starších pacientů s rigidními karotickými cévami tento jev nemusí být přítomen. Systolická hypertenze může koexistovat s aortální stenózou. Avšak systolický krevní tlak vyšší než 200 mmHg je u pacientů s významnou aortální stenózou vzácný. (Zegdi, 2013)

Aortální složka druhé srdeční ozvy (uzávěr pulmonální a aortální chlopně) je obvykle snížená nebo úplně chybí, protože je aortální chlopeň kalcifikovaná či nepohyblivá. Ejekční cvaknutí (rozvibrovaní vrozeně změněné aortální chlopně na počátku systolické ejekce) je běžné u dětí a mladých dospělých pouze za předpokladu mobilních cípů chlopně. Je vzácné u starších pacientů se získanou kalcifikovanou aortální stenózou, u nichž jsou listy nepohyblivé a těžce kalcifikované. (Zegdi, 2013)

### 2.1 SYSTOLICKÝ ŠELEST

Klasický stupňovaný systolický šelest (latinsky „crescendo – decrescendo“) aortální stenózy začne krátce po první srdeční ozvě, jeho intenzita se zvyšuje směrem ke střední systole, potom klesá a šelest končí těsně před druhou ozvou srdce. Obecně se řadí mezi hrubý, tichý zvuk a je nejlépe slyšet ve druhém mezižebním prostoru při pravém okraji hrudní kosti. Od základu je hrubý a je dobře slyšet (projikuje se) do karotických tepen, kde může způsobit i pohmatový vjem víru. (Zegdi, 2013)

Intenzita systolického šelestu neodpovídá závažnosti aortální stenózy, naopak načasování vrcholu a doba trvání šelestu odpovídá závažnosti stenózy. Čím více je aortální stenóza závažnější, tím delší je trvání šelestu a pravděpodobnost jeho vrcholu v pozdní systole. Pokud levá komora selže a srdeční výdej poklesne, šelest se stane měkčí a je sotva slyšet. Fibrilace síní s krátkými intervaly R-R také může snížit intenzitu šelestu i učinit šelest neslyšitelným. (Zegdi, 2013)

## **3 KLINICKÁ VYŠETŘENÍ**

### **3.1 ANAMNÉZA**

Stenóza aortální chlopně a její obvyklé asymptomatické latentní období trvá deset až dvacet let. Během této doby se zvyšuje obstrukce výtoku levé komory a tlakové zatížení myokardu stoupá. Příznaky se postupně vyvíjejí. Mezi nejčastější počáteční problémy se řadí námahová dušnost i u pacientů, kteří mají normální systolickou funkci levé komory a abnormální diastolickou funkci levé komory. U pacientů se může objevit také bolest na hrudi, závratě, rychlá únava a neschopnost cvičit. V konečném důsledku se u nemocného objevuje jedna z klasických triád bolesti na hrudi, synkopy a srdečního selhání. (Tintinalli, 2004)

#### **3.1.1 BOLEST NA HRUDI**

Angina pectoris se u pacientů se stenózou aortální chlopně typicky vyvolá námahou a během odpočinku se zase zklidní. V tomto směru může připomínat anginu pectoris vyvolanou ischemickou chorobou srdeční. Patofyziologie je však odlišná a pacienti mohou mít i zcela normální koronární tepny. (Einarsen, 2007)

#### **3.1.2 SRDEČNÍ SELHÁNÍ**

Příznaky srdečního selhání – zejména namáhavá dušnost a nevykonnost/únavnost jsou obvykle projevem diastolického srdečního selhání. Systolická dysfunkce levé komory vzniká v důsledku již vyčerpané schopnosti levé komory kompenzovat zvýšené nároky a odpor daný stenózou. Jedná se o terminální fázi srdečního selhání obvykle již doprovázené městnáním, noční či klidovou dušností. (Einarsen, 2007)

#### **3.1.3 SYNKOPA**

Synkopa z důvodu stenózy aortální chlopně (na rozdíl např. od arytmiické synkopy) se typicky vyskytuje při námaze, když systémová vazodilatace způsobí za přítomnosti fixního maximálního srdečního výdeje pokles arteriálního systolického krevního tlaku, a tím kompromitaci průtoku centrální nervovou soustavou. Naopak omezené zvýšení

srdečního výdeje může u těchto pacientů snadněji vést k synkopě demaskující síňové či vzácně komorové tachyarytmie – například fibrilaci síní. Kalcifikace v oblasti aortální chlopně mohou zasahovat i do blízkce sousedícího převodního systému a vést k jeho poškození s možným rozvojem převodních poruch – bloků. Další příčinou synkopy mohou být abnormální vazodepresorové reflexy způsobené zvýšeným intrakavitárním tlakem levé komory (tzv. vazodepresorová synkopa). Navození periferní vazodilatace podáním nitroglycerinu pro domnělou anginu pectoris u pacienta s nepoznanou těžkou aortální stenózou může též vést k synkopě. (Rodrigues, 2010)

### **3.1.4 DALŠÍ PROJEVY**

Gastrointestinální krvácení způsobené angiodysplasií (tzv. Heydeový syndrom) nebo jinými vaskulárními malformacemi je u pacientů s kalcifikovanou stenózou aortální chlopně přítomno s vyšší frekvencí a symptomy obvykle regredují po korekci aortální vady. (Rodrigues, 2010)

Morfologické změny aortální chlopně zvyšují riziko infekční endokarditidy, která neléčená má prakticky stoprocentní smrtelnost. Jejími projevy bývá např. horečka, únava, bolesti zad, úbytek hmotnosti, anorexie jakožto systémové zánětlivé příznaky, v těžkých případech septický či hemodynamický šok. (Rodrigues, 2010)

Pacienti s vrozenými aortálními stenózami – typicky pacienti s morfologicky „klasickou bikuspidální chlopní“ (založena a vyvinuta jako bikuspidální) mají zvýšený výskyt dilatace kořene a ascendentní aorty (až ve 40 % pacientů) a zvýšené riziko rozvoje aneurysmatu a disekce aorty – obě potenciálně fatální komplikace. Kalcifikovaná aortální stenóza může zřídka způsobit kalciovou embolii do různých orgánů, včetně srdce, mozku a ledvin. (Rodrigues, 2010)

## **3.2 ELEKTROKARDIOGRAFIE**

EKG není senzitivní ani specifické vyšetření v rámci diagnostiky stenózy aortální chlopně a jeho hlavní role tkví v diferenciální diagnostice. Mezi podpůrný nález patří obraz hypertrofie levé komory, která se vyskytuje až u 85 % pacientů mající těžkou aortální stenózu (absence této hypertrofie však nevylučuje kritickou aortální stenózu).

Rytmus bývá obvykle sinusový, fibrilace síní může být doprovodným nálezem a obvykle bývá zachycena v pozdním stádiu. (Bergler, 2004)

Rozšíření kalcifikace do převodního systému může způsobit intraventrikulární či atrioventrikulární blok, a to až u 5 % případů stenózy. Až 10 % všech případů levého předního fascikulárního bloku je při stenóza aortální chlopně sekundárních. (Bergler, 2004)

### **3.3 LABORATORNÍ VYŠETŘENÍ**

Odběr natriuretického peptidu typu B může poskytovat prognostické informace u asymptomatických pacientů a zvýšená hodnota je považována za podpůrné kritérium u hraničních indikací. Navíc, předoperační hodnota může poskytnout prognostickou informaci o pooperačním průběhu a výsledku. (Bergler, 2004)

### **3.4 ZÁTĚŽOVÉ VYŠETŘENÍ**

Zátěžové vyšetření, v praxi nejčastěji prováděné při šlapání na ergometru se simultánním hodnocením EKG, je kontraindikováno u symptomatických pacientů s těžkou stenózou aortální chlopně. Avšak je možné jej použít u asymptomatických pacientů, a to za podmínek přísného dohledu během vyšetření, a tudíž se jedná o nízké rizikovou proceduru. (Piérard, 2007)

Cílem vyšetření je zejména posouzení zátěžové kapacity, jelikož postupná progrese vady vede často k úpravě pohybové aktivity, kteří se (podvědomě) mohou vyhýbat větším fyzickým aktivitám, a tím zlehčovat tíži symptomů. Kromě monitorace příznaků se též sledují změny v hemodynamických parametrech – např. nedostatečný vzestup či dokonce pokles krevního tlaku během zátěže poukazuje na hemodynamicky významnou stenózu. Vzhledem k podobnosti symptomů stenózy aortální chlopně a anginy pectoris a častým klidovým EKG změnám stěžujícími hodnocení ischemických změn není toto vyšetření vhodné k průkazu ischemické choroby srdeční u pacientů s těžkou aortální stenózou. (Bergler, 2004)

## 4 ZOBRAZOVACÍ METODY

### 4.1 ECHOKARDIOGRAFIE

Dvojměrná transtorakální echokardiografie je v kombinaci s dopplerovskými technikami základním zobrazovacím vyšetřením, kterým lze potvrdit klinickou diagnózu stenózy aortální chlopně, zhodnotit její tíži, a také poskytnout specifické údaje o funkci levé komory. Zároveň umožňuje posoudit strukturu a funkci dalších srdečních chlopní. Mezi morfologické nálezy suspektní ze stenózy aortální chlopně patří:

- 1) Echo-denzní aortální chlopeň s omezeným pohybem cípů (může být nespolehlivé u vrozené nebo revmatické stenózy)
- 2) Snížení separační vzdálenosti vrcholů cípů (méně než 8 mm v dospělosti)
- 3) Přítomnost jinak nevysvětlitelné hypertrofie levé komory

Ačkoliv se může jevit, že diagnóza stenózy aortální chlopně z dvourozměrného vyšetření je zřejmá, vždy je nutné toto potvrdit a kvantifikovat pomocí technik dopplerovské echokardiografie. Mezi základní parametry patří měření maximálního a středního gradientu při kontinuálním dopplerovském vyšetření, jež je pomocí rovnice kontinuity odvozen z rychlostí toku krve na úrovni aortální chlopně. Transvalvulární gradienty jsou úměrné závažnosti obstrukce za předpokladu, že není snížena kontraktilní funkce levé komory či se nejedná o malou a nepoddajnou levou komoru. Za těchto specifických podmínek hovoříme o nízkoodporových a nízkoprůtokových stenózách aortální chlopně, u kterých se k posouzení tíže využívá zejména dopčet plochy aortálního ústí. Mezi hlavní rizika dopplerovské echokardiografie při hodnocení závažnosti stenóz patří podhodnocení gradientu, neprochází-li hodnotící paprsek ultrazvuku nejtěsnějším místem aortální stenózy. U pacienta majícího klinické příznaky významné aortální stenózy s nálezem mírné až středně závažné stenózy je nutno na tuto limitaci vždy pomýšlet a případně volit jinou metodu. Echokardiografický výpočet plochy aortální chlopně je závislý na přesném měření průměru výtokového traktu levé komory, jelikož chyba v jeho měření je v rovnici kontinuity umocněna na druhou. Základní echokardiografická kritéria hodnocení závažnosti aortální stenózy jsou zobrazena v následující tabulce. (Zegdi, 2013)

## Základní echokardiografická kritéria hodnocení závažnosti stenózy aortální chlopně

Závažnost	Střední gradient (mmHg)	Plocha aortální chlopně (cm <sup>2</sup> )
Mírná	<25	> 1.5
Střední	25-40	1 až 1.5
Významná	> 40	<1
Kritická	> 80	< 0.5

Tabulka 2 Základní echokardiografická kritéria (zdroj: Zegdi, 2013)

TEE využívá stejných principů jako transtorakální echokardiografie, avšak díky vyšší použité frekvenci a absenci struktur působících artefakty (žebra, vmezeřená plicní tkáň) poskytuje detailnější morfologický obraz. Z tohoto důvodu TEE mimo jiné využívá v rámci přípravy na operační či intervenční řešení nebo při periprocedurální kontrole. (Zegdi, 2013)

Zátěžová echokardiografie se využívá zejména u pacientů s nízkogradientovou aortální stenózou na podkladě těžké systolické dysfunkce levé komory. Principem je posouzení změn gradientů a ploch aortálního ústí při zvýšení kontraktility srdce, čehož je dosaženo intravenózní infuzí dobutaminu. V případě těžké aortální stenózy dochází ke zvýšení gradientu, kdežto u pacientů s dominující dysfunkcí levé komory dojde k navýšení plochy ústí. (Bergler, 2004)



Obrázek 2 Echokardiografie aortální chlopně (PACS Fakultní nemocnice Olomouc)



Obrázek 3 Echokardiografie aortální chlopně II (PACS Fakultní nemocnice Olomouc)

## 4.2 SRDEČNÍ KATETRIZACE A KORONÁRNÍ ARTERIOGRAFIE

Srdeční katetrizace umožňuje přesné měření stenózy aortální chlopně přímým porovnáním tlaků v aortě a levé komoře. Toho je dosahováno buď za použití dvou katetrů či běžněji postupným stahováním katetru z levé komory do aorty za kontinuálního měření a zaznamenávání tlaků (tzv. pullback). Jedná se o vyšetření invazivní, jež bylo historicky považováno za zlatý standard v hodnocení tíže stenózy aortální chlopně. V současné době je díky dostupnosti echokardiografického vyšetření



invazivní měření gradientů na aortální chlopni využíváno výjimečně. Navíc, u pacientů s těžkou aortální stenózou může být výrazně komplikované zavést katetr skrz stenotické ústí. (Zegdi, 2013)

Selektivní koronarografické vyšetření není určeno k diagnostice aortální stenózy, využívá se však k určení přítomnosti a rozsahu koronární aterosklerózy u všech pacientů starších čtyřiceti let, u kterých se zvažuje operace chlopně. Nález významných stenóz koronárních tepen rozšiřuje výkon chlopenní náhrady o chirurgickou revaskularizaci pomocí bypassů. (Zegdi, 2013)

V případě předpokládaného TAVI se stenózy proximálních úseků koronárních tepen obvykle řeší bezprostředně pomocí implantace koronárních stentů. (Guidelines, 2017)

### **4.3 AORTOGRAFIE**

Aortografie umožňuje zobrazení kořene aorty včetně jejích odstupujících koronárních větví po naplnění kontrastní látkou pomocí intraluminálně zavedeného katetru. Postprocessing bulbografie spočívá v úpravě jasu či kontrastu obrazu, vkládání popisků ke snímkům, provádění zoomu (zvětšení obrazu) a ukládání smyčky. Mezi součást postprocessingu v angiografii neodmyslitelně patří digitální subtrakční angiografie (DSA). DSA spočívá ve zhotovení nativního snímku, dojde k převedení obrazu na negativ, poté se zhotovuje snímek po nástřiku kontrastní látkou a provádí se subtrakce. DSA se používá např. při zavádění stentgraftu do hrudní a břišní aorty včetně uno/bifemorálních tepen. V případě znázornění bulbografie metodu DSA nepoužíváme, jelikož bulbografie je většinou součástí vyšetření SKG před náhradou aortální chlopně buď pomocí TAVI metody nebo před chirurgickým zákrokem. Při TAVI metodě je možné přes přístupové místo, nejčastěji se jedná o femorální přístupovou tepnu, za pomoci roadman kontroly zavést potřebný materiál až k bulbu aorty. V rámci postprocessingu bulbografie se provádí měření úseků ke stanovení velikosti jednotlivých částí bulbu aorty. Pomocí postprocessingu lze posoudit vhodnost zákroku, velikost náhrady chlopně a případně stanovení vhodného přístupu. Odhadovaná efektivní dávka aortografie je přibližně 12 mSv. (Štásek, 2015)



Obrázek 4 Aortografie (zdroj: PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2019)

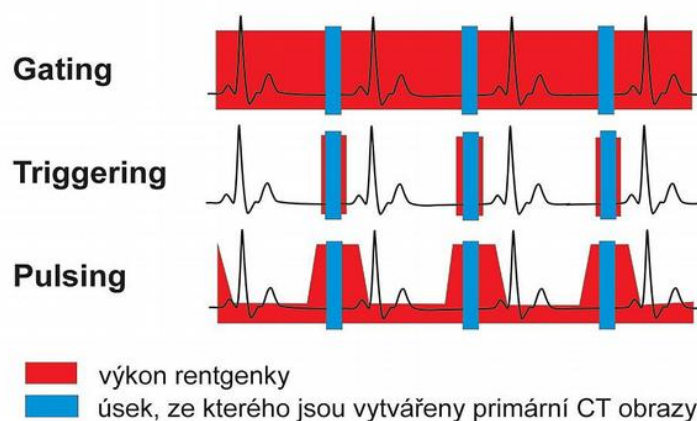
#### 4.4 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE

U pacientů, kteří jsou indikováni k TAVI, hraje roli CT aortografie zásadní roli v hodnocení morfologie a rozměrů aortální chlopně, přilehlého výtokového traktu levé komory a ascendentní aorty. (Bergler, 2004)

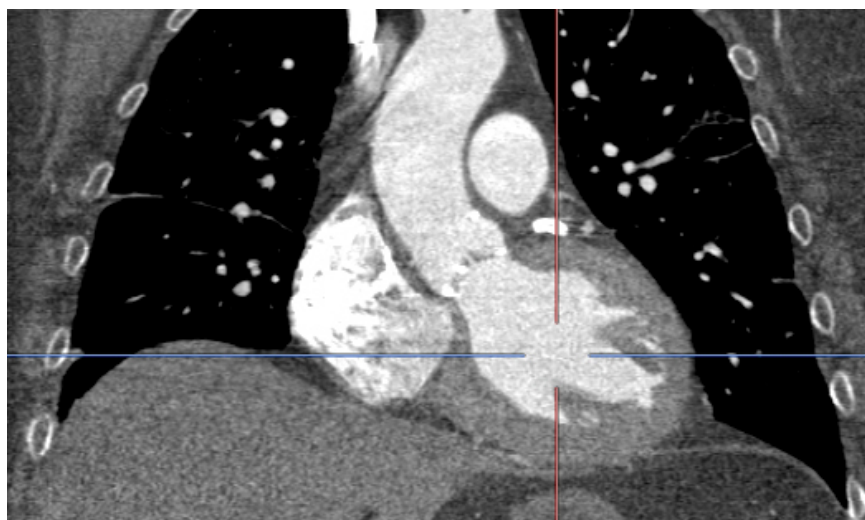
Pomocí retrospektivní synchronizované elektrokardiografie je možno využít s MDCT získávání obrazů během každého srdečního cyklu. Prospektivní synchronizování spočívá ve spouštění skenování pouze v určitých časových úsecích, a tímto se snižuje radiační zátěž pacienta. Radiologický asistent provádí postprocessing vyšetření na pracovní stanici. Mezi postprocessing lze zařadit techniku multiplanární rekonstrukce (MPR), která patří mezi základní rekonstrukční algoritmus CT a je rovinným obrazem tvořeným z trojrozměrného zobrazení objemových dat. Mezi další techniky postprocesu u CT patří MIP (maximum intensity projection) a VRT (volume rendering technique). MIP technika pracuje na principu zvýraznění struktury s vyšší denzitou, např. cévy naplněny kontrastem, kalcifikace. Volume rendering technika je pokročilým prostorovým 3D zobrazením, které různým denzitám přiřazuje barvy, průhlednost a sytost. Způsob postprocessingu se volí dle přítomnosti kalcifikací, možných artefaktů a množství kontrastní látky. Radiační zátěž CT angiografie je na 64detektorovém přístroji 14 až 18 mSv. (Johnson, 2010)

V současnosti jsou již novější generace CT, které mají 64 až 320 řad detektorů a jeden až dva zdroje záření, což dále umožňuje snížení radiační dávky až o 70 %. Při CTAG koronarografii a před TAVI je nutná EKG synchronizace. Vyšetření se provádí buď v módu spirálním za použití retrospektivního gatingu nebo módu sekvenčním s využitím prospektivního triggeringu (předpokladem je klidná tepová frekvence a sinusový rytmus). Dalším možným náběrem dat je flash mód u dvouzdrojového („dual source“) CT, při kterém se využívá spirální sekvence s prospektivním gatingem – celé srdce je zobrazeno širokou aktivní plochou detektorů s velkým pitch faktorem v průběhu jedné fáze srdečního cyklu. Při technice flash dosáhneme nejnižší efektivní dávky, avšak na úkor prostorového rozlišení. (Súkupová, 2013)

### Typy EKG synchronizace



Obrázek 5 Typy EKG synchronizací (Vlastimil Novák, 2009, <http://zdravi.euro.cz>)



Obrázek 6 CT aortografie (PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2019)

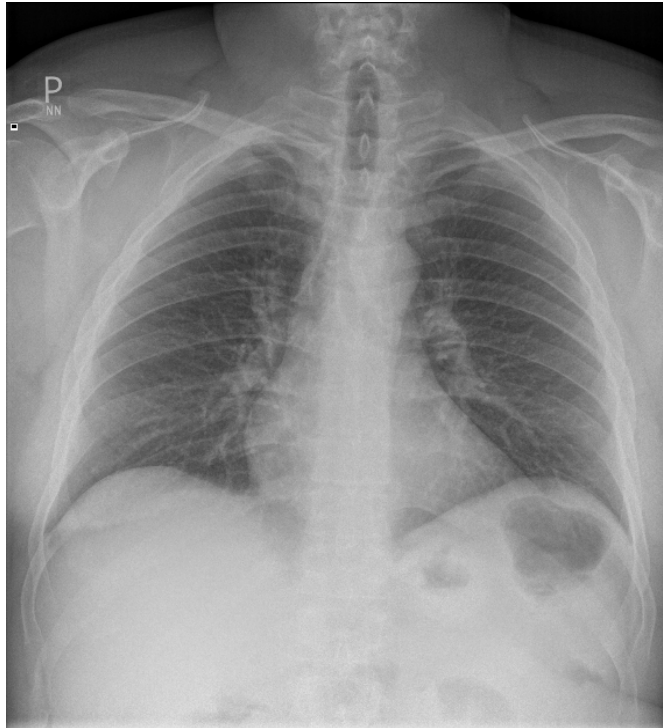
## **4.5 MAGNETICKÁ REZONANCE**

Ke zhodnocení morfologie a tíže aortální stenózy je možné též využít metodu magnetické rezonance (MRI). Je prokázáno, že měření plochy aortálního ústí pomocí srdeční MRI koreluje s měřeními, provedenými pomocí echokardiografie. Magnetická rezonance však na rozdíl od metod využívajících RTG záření není schopna zobrazit kalcifikace. Vzhledem k finanční náročnosti je MRI v diagnostickém procesu stenózy aortální chlopně využívána zcela okrajově. (Mohty, 2019)

## 4.6 RADIOGRAFIE HRUDNÍKU

Využití RTG hrudníku v diagnostickém managementu pacientů se stenózou aortální chlopně je zcela okrajové a zaměřené zejména na diferenciální diagnostiku symptomů srdečního selhání. (Bergler, 2004)

Mezi charakteristický nález se řadí normální velikost srdce. U určitých pacientů lze nalézt poststenotickou dilataci ascendentní aorty. Zejména v bočné projekci bývá dobře patrná kalcifikace aortální chlopně. Nalezené kalcium na aortální chlopni je znakem stenózy aortální chlopně u dospělých pacientů ve věku čtyřiceti až čtyřiceti-pěti let. Masivní kalcifikace aorty až obraz tzv. porcelánové aorty je jednoznačnou kontraindikací chirurgického řešení. (O'Rourke, 2010)



Obrázek 7 RTG hrudníku (PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2019)

## 5 TERAPIE AORTÁLNÍ STENÓZY

### 5.1 OBECNÝ PŘÍSTUP A INDIKACE K VÝKONU

Jedinou kauzální léčbou významné stenózy aortální chlopně je její náhrada chirurgickým či perkutánním přístupem. K řešení jsou jednoznačně indikováni pacienti s těžkou stenózou aortální chlopně referující některý z klasických příznaků. Alternativně zejména ve zkušených chirurgických centrech lze k operačnímu řešení indikovat i asymptomatické pacienty, a to za těchto podmínek:

- 1) Mají dokumentovaný pokles ejekční frakce levé komory pod 50 %, který nelze jiným způsobem odůvodnit
- 2) Mají abnormální výsledek zátěžového testu svědčící pro hemodynamicky závažnou stenózu
- 3) Mají přítomno některé z pomocných kritérií:
  - Kritická aortální stenóza s maximální rychlostí  $> 5,5$  m/s
  - Rychlá progresse stenózy v čase ( $\geq 0,3$  m/s/rok)
  - Zvýšení hodnoty natriuretických peptidů nad trojnásobek normy
  - Zjištěna závažná plicní hypertenze (systolický tlak v plicnici  $> 60$  mmHg)

Mají-li pacienti závažné symptomy, avšak stenóza aortální chlopně je definitivně vyhodnocena jako nevýznamná, je nutno pátrat po alternativní diagnóze. Je-li u pacienta zjištěna ischemická choroba srdeční vyžadující chirurgickou revaskularizaci, pak je indikován kombinovaný chirurgický výkon i v případě, že stenóza aortální chlopně je hodnocena jako střední. (Townsend, 2008)

U asymptomatických pacientů s nízkoprůtokovou a nízkogradientovou stenózou aortální chlopně hraje zásadní roli v akceptaci k výkonu zachování kontraktilní rezervy. Pacienti, u kterých nedojde při dobutaminovém echu ke zlepšení kontraktility levé komory, mají vysoké perioperační riziko komplikací a efekt výkonu bývá sporný. (Townsend, 2008)

## **5.2 SLEDOVÁNÍ ASYMPTOMATICKÝCH PACIENTŮ**

Četnost klinických a echokardiografických kontrol je určena tíží stenózy aortální chlopně a přítomností přidružených onemocnění. Vzhledem k pomalé progresi obstrukce mohou být pacienti s lehkou vadou echokardiograficky kontrolováni s odstupy 3-5 let. Naopak pacienti s těžkou stenózou bývají úzce sledováni, a to i několikrát ročně. Není-li vada těžká, pak je vhodné pacienty motivovat k fyzickým aktivitám. Pacienti s těžkou stenózou mohou vykonávat lehké sportovní činnosti. (Chan, 2010)

## **5.3 MEDIKAMENTOZNÍ TERAPIE**

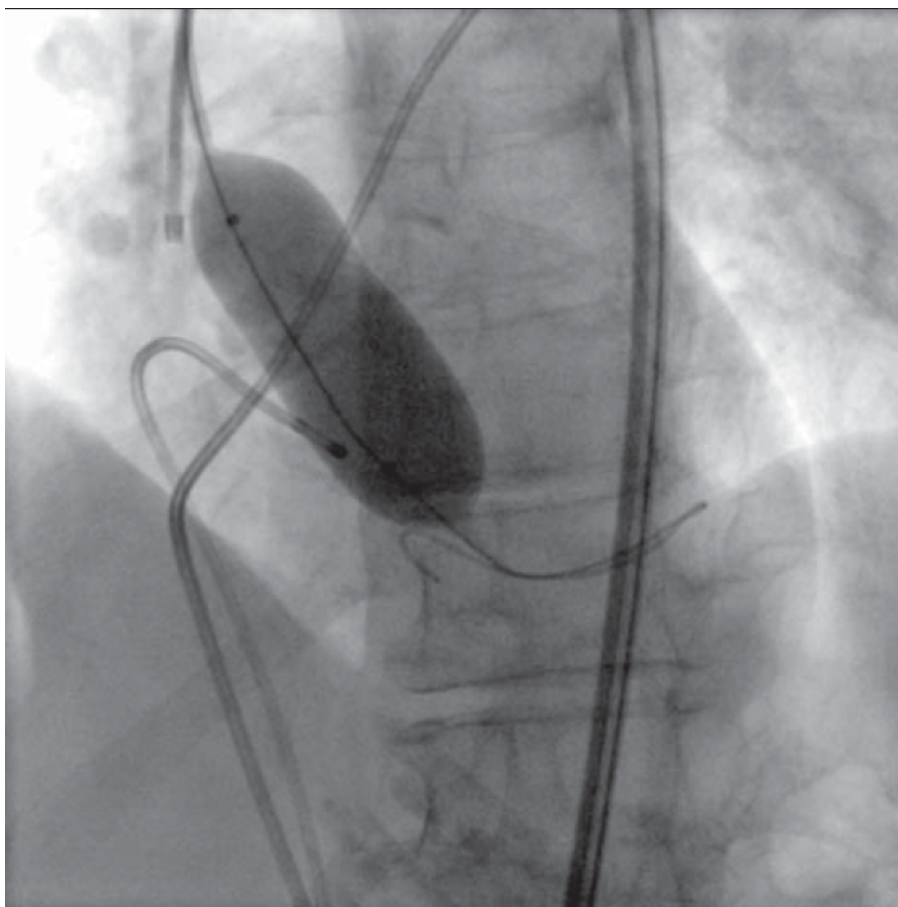
Možnosti farmakologického ovlivnění progresu onemocnění jsou u neoperovatelných pacientů velmi omezené a spočívají zejména v symptomatické úlevě pomocí diuretické terapie. Dříve doporučované antibiotické krytí nekardiálních výkonů se již neprovádí. Určité naděje byly vkládány do intenzivní proticholesterolové léčby pomocí statinů, a to díky patogenetickým podobnostem s ischemickou chorobou srdeční. Nicméně velké randomizované studie prokázaly, že intenzivní hypolipidemická léčba nezastavuje progresi kalcifikace ani neindikuje její regresí. (Chan, 2010)

## **5.4 PERKUTÁNNÍ BALONKOVÁ VALVULOPLASTIKA**

Perkutánní balonková valvuloplastika byla využívána jako paliativní léčba u kriticky nemocných dospělých pacientů, kteří nejsou vhodní kandidáti k chirurgické léčbě. Její pozice však byla významně oslabena s nástupem rozvoje TAVI a v současné době se používá pouze sporadicky jako překlenovací most obvykle k perkutánní náhradě. Až u 6 % pacientů lze očekávat potenciálně fatální komplikace, zejména těžkou aortální regurgitaci či perforaci aortálního anulu. Je tedy zcela nezbytné respektovat kontraindikace k výkonu, mezi které patří zejména masivní kalcifikace aortální chlopně a již přítomná pokročilejší aortální regurgitace. (Chan, 2010)

U dětí a dospívajících s vrozenými stenózami aortální chlopně s jemnými cípy obvykle s absencí kalcifikací je perkutánní BAV relativně bezpečná s mortalitou do 1 % a rizikem vážné regurgitace do 10 %. Proto bývá zvažována jako alternativa chirurgické valvulotomie, přičemž tento výkon může být u selektovaných pacientů i opakován.

Tímto může být potřeba chirurgického řešení oddálena optimálně do období ukončeného růstu. (Chan, 2010)



**Obrázek 8 Perkutánní balonková valvuloplastika v aortální chlopni  
(zdroj: Intervenční a akutní kardiologie, Štásek a kol., 2010)**



## 6 CHIRURGICKÁ NÁHRADA AORTÁLNÍ CHLOPNĚ

Chirurgická náhrada aortální chlopně spočívá v jejím vytnutí a nahrazením novou chlopní všitou do oblasti původní chlopně. Jedná se o otevřenou hrudní operaci prováděnou pod vizuální kontrolou. Podmínkou provedení tohoto výkonu je přerušování srdeční činnosti a zastavení srdce v diastole kardioplegickým roztokem. Následuje naložení svorky na ascendentní aortu a napojení na mimotělní oběh, který umožní příčné přetnutí ascendentní aorty, a tím získání přístupu k aortální chlopně. Z toho plyne nemožnost provedení tohoto výkonu u pacientů, kteří mají masivní kalcifikace ve stěně ascendentní aorty (tzv. porcelánová aorta), jež znemožňují nasazení svorky na ascendentní aortu a zavedení mimotělního oběhu. (Liakopoulos, 2017)

Riziko mortality a závažných komplikací u pacientů se zachovanou systolickou funkcí levé komory a absencí závažných komorbidit se pohybuje v rozpětí 2-5 % a je závislé na zkušenostech pracoviště. (Liakopoulos, 2017)

Riziko perioperační morbidity a mortality zvyšují:

- Dysfunkce levé komory
- Vyšší věk a fragilita
- Vyšší stupně NYHA (New York Heart Association) klasifikace (25 až 30 % mortalita u pacientů s klidovou dušností)

Volba optimálního typu chlopní náhrady by měla reflektovat zejména pacientův věk, komorbidity a schopnost dodržovat a tolerovat trvalou antikoagulační terapii. Optimální scénář předpokládá aktivní účast pacienta na rozhodovacím procesu. (Liakopoulos, 2017)

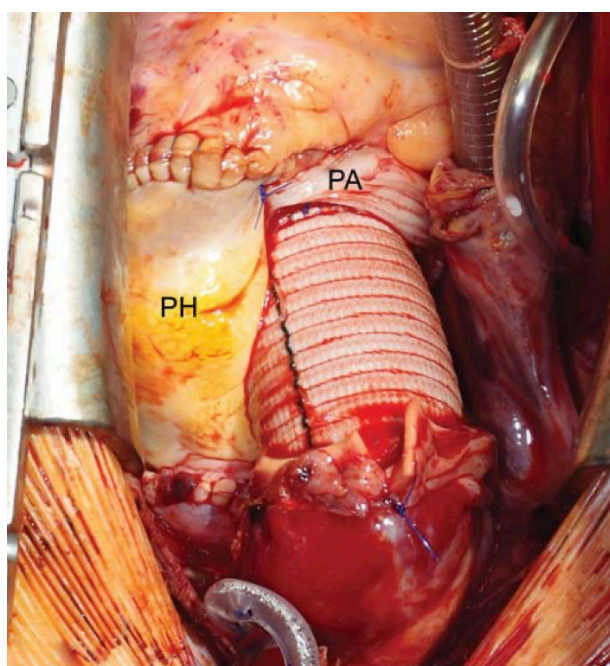
Nejčastěji se rozhoduje mezi použitím bioprotéz a mechanických protéz. Implantování mechanických srdečních chlopní probíhá od začátku šedesátých let minulého století dodnes. Tyto chlopně prochází neustálým vývojem a modernizováním od původních kuličkových protéz, přes diskové až po současné dvoulisté protézy. Jejich hlavní výhodou je trvanlivost, která je doživotní, a proto bývají zvažovány u mladších pacientů. Jednoznačnou nevýhodou je potřeba trvalé antikoagulace z důvodu rizika trombózy na chlopně. (Liakopoulos, 2017)

Základ bioprotézy tvoří obvykle zvířecí chlopně (jedná se o xenograft – tkáň jiného živočišného druhu – nejčastěji prasečí), jež je všita do kostry chlopně a našívacího

prstence. Tento typ chlopně nevyžaduje žádnou nebo jen časově omezenou antikoagulační terapii. Nevýhodou je však postupná degenerace chlopně procesem podobným degeneraci nativní chlopně, jehož rychlost je úměrná namáhání protézy (rychlejší u mladých a aktivních pacientů) a pohybuje se v rozmezí 10 až 20 let. V případě významné restenózy bioprotézy je však možno uvažovat i o TAVI proceduře do bioprotézy, tzv. valve-in-valve procedura. (Liakopoulos, 2017)

Alternativou xenograftů jsou alografty, nazývané také homografty. Jedná se o lidské kadaverózní aortální chlopně získané odběrem komplexu kořene aorty s chlopní a vzestupnou aortou. Odebrané alografty se nejprve ošetřují v roztoku s antibiotiky, poté se zchladí a mohou být uchováván až pět let v tekutém dusíku při teplotách do -190 stupňů Celsia, tzv. kryokonzervace. Způsob zpracování je specifický a vede k dobré toleranci tkáně bez nutnosti podávání imunoprese. Využívají se zejména při náhradách aortální chlopně u pacientů s infekční endokarditidou pro nižší riziko reinfekce na nové chlopni. (Liakopoulos, 2017)

Zajímavou variantou je Rossova operace. Tento operativní zákrok spočívá ve využití vlastní nativní pulmonální chlopně pacienta, která je přenesena do pozice aorty (tzv. autograft) a do pozice pulmonální chlopně je všit homograft. Hlavní výhodou této komplexní procedury je možnost růstu aortální chlopně s pacientem, proto se používá zejména u dětských a mladých pacientů. (Liakopoulos, 2017)



**Obrázek 9 Rossova operace (PA = pulmonální autograft, PH = pulmonální alograft)  
(zdroj: Vojáček a kol., 2017, Cor et Vasa)**

## 7 TRANSKATETROVÁ NÁHRADA AORTÁLNÍ CHLOPNĚ

TAVI je zkratka procedury pocházející z anglického názvu Transcatheter Aortic Valve Implantation, v překladu implantace náhrady aortální chlopně pomocí zaváděcího katetru. Jedná se o moderní metodu, která se vyznačuje prudkým technickým rozvojem s výbornými výsledky. (Mack, 2015)

Transkatetrová náhrada aortální chlopně je metodou volby pro vysoce rizikové i neoperovatelné pacienty trpící těžkou symptomatickou aortální stenózou a je využitelná i u středně a níže rizikových pacientů. Zákrok provádí tým lékařů a kvalifikovaných sester obvykle na hybridních sálech (s možností konverze na chirurgický výkon). Pacienti podstupující zákrok prochází předoperační anesteziologickou přípravou. Po přesunu pacienta na hybridní sál následuje zajištění periferního žilního vstupu a arteriálního katetru (druhý zmíněný k zajištění invazivního měření krevního tlaku). Mezi nezbytné zajištění patří také zavedení centrálního žilního katetru, jehož vstup se preferuje do vnitřní jugulární žíly a současně slouží k zavedení dočasné stimulace. TAVI se nejčastěji provádí retrográdně cestou arteria femoralis communis. Před samotnou implantací a rozvinutím protézy může být indikována predilatace původní chlopně odpovídající BAV za účelem adekvátní apozice chlopně a usnadnění optimální expanze. BAV je provedena za velmi rychlé stimulace komor pomocí frekvence nad 180 / min. formou dočasné kardiostimulace elektrodou za účelem minimalizace rizika pohybu balonku. BAV tvoří první krok před implantací nové aortální chlopně a představuje určité riziko komplikací, jelikož uvolnění kalcifikátů nativní chlopně zvyšuje riziko periprocedurální cévní mozkové příhody. Přípravu samotné protézy a její montáž na zaváděcí systém provádí obvykle vyškolená sestra. Proces expanze při implantaci aortální chlopně je specifický pro daný typ chlopně. Cílem moderních typů protéz je minimalizovat čas hemodynamické nestability pacienta v době, kdy původní chlopně již neplní funkci a nová protéza ještě není dokonale funkční a zároveň poskytnou možnost zpětné úpravy rozvinuté protézy v případě suboptimální funkce. (Mack, 2015)

Po plném rozvinutí náhradní chlopně se provádí kontrolní angiografie k posouzení symetričnosti rozvinutí, ověření funkce a posouzení aortální regurgitace. Po rozvinutí náhrady chlopně lze postdilatací odstranit paravalvulární regurgitaci, ale prováděný krok představuje riziko. (Mack, 2015)

## 7.1 VÝBĚR PACIENTA

Výběr pacienta se řídí dle doporučených postupů, tzv. „guidelines“ pro léčbu chlopenních vad vypracovaných Evropskou kardiologickou společností. Předpokladem úvahy o TAVI je absence jiných závažných komorbidit limitující předpokládané dožití pacienta na méně než jeden rok. Zároveň musí být předpoklad zlepšení kvality života, což vylučuje dlouhodobě imobilní pacienty. Lze tedy shrnout, že během výběru vhodného kandidáta k TAVI jsou hodnoceny klinické symptomy, závažnost aortální stenózy (degenerace chlopně či bioprotézy), anatomická vhodnost, předpokládaný přínos a stratifikace chirurgického rizika. (Želízko, 2017)

## 7.2 STRATIFIKACE RIZIKA

Nejčastěji používanými systémy pro kvantifikaci chirurgického rizika jsou European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE) a Society of Thoracic Surgeons (STS) Predicted Risk of Mortality. Tyto systémy však nemusí plně zhodnotit přidružená operační rizika jako např. přítomnost porcelánové aorty, stav po ozařování hrudníku a další. Tyto systémy odhadují perioperační (hospitalizační) riziko mortality při kardiochirurgickém výkonu a například u nejběžněji používaného systému EuroSCORE je jako vysoké operační riziko stanovena hranice 15 %. (Želízko, 2017)

## 7.3 ANATOMICKÁ VHODNOST

Z důvodu zavedení vhodné biologické chlopně je nutné provést správnou volbu typu, velikosti a způsobu zavedení náhrady. Pro zjištění správného typu chlopně se provádí diagnostika aortálního kořene před samotným výkonem. Mezi zobrazovací metody umožňující důkladnou diagnostiku patří echokardiografie, skioskopie, angiografie a v neposlední řadě multidetektorová výpočetní tomografie (MDCT). Před zákrokem probíhá vyšetřování aortální anulu, za který je možné považovat rovinu proloženou v místě přechodu bazálních částí cípů aortální chlopně ve výtokový trakt levé komory. Pro zajištění optimálního efektu a bezpečnosti výkonu je nezbytné co nejpřesnější změření anulu a správná volba typu a velikosti chlopně. (Želízko, 2017)

Při zobrazování se dále hodnotí anatomické poměry přístupových tepen (obvykle iliofemorálních) – zejména minimální velikost lumen, stav vinutí a kalcifikace. Ve většině případů se vyšetření provádí pomocí kontrastní aortografie či metodou výpočetní tomografie. Nejběžněji používaný femorální přístup má hned několik

výhod: pacient je bez nutnosti celkové anestezie a není nutno provádět thorakotomii, to znamená, že pacientovy rány jsou menší a jeho rekonvalescence probíhá lépe. Mezi komplikace femorálního přístupu patří disekce, ruptura cévy, stenóza, trombóza, pseudoaneurysma, riziko infekce a krvácení. Optimální místo pro punkci femorální tepny je oblast mezi dolní epigastrickou tepnou a femorální bifurkací. Mezi ostatní možné přístupy se řadí přístup transapikální, transsubklaviální a transaortální. Subklaviální přístupová cesta je představuje alternativu pro pacienty s nemožností provedení TAVI z transfemorálního přístupu. Je nutné provést chirurgický řez do pectoralis major za mírné sedace pacienta a lokálního umrtvení anestetikem. Subklaviální přístup může být výhodný pro pacienty s onemocněním periferních cév a zajišťuje snížení invazivnosti zákroku. Další alternativní cestou může být transaortální přístup. K dosažení tohoto přístupu je nutno provést mini-sternotomii (v oblasti jugula). Výhody transaortální cesty jsou ve snadno proveditelné technice blízké chirurgickému přístupu, podmínkou je však absence aortálních kalcifikací. Mezi výhody se také řadí přístup k aortální chlopni ve svislé linii, což může usnadnit správné umístění aortální náhrady. Mezi rizika transaortálního přístupu patří roztržení aorty, mediastinitida, tržné poranění pravé komory, pseudoaneurysma. V běžné praxi je však transaortální přístup zcela okrajovou možností. (Pascual, 2017)

Transapikální přístup vyžaduje celkovou anestezii, anterolaterální mini-torakotomii a otevření perikardu. Tato technika se využívá například u pacientů s nevhodným cévním přístupem a těžce kalcifikovanou (porcelánovou) aortou. Transapikální přístup s sebou nese riziko poškození myokardu, punkčního krvácení, apikálního zjizvení či aneurysmatu. (Pascual, 2017)

#### **7.4 KONTRAINDIKACE K TAVI**

Mezi kontraindikované pacienty se řadí ti, u kterých se předpokládá, že jejich délka života nebude delší než 12 měsíců bez ohledu na provedení TAVI. V tomto případě se obvykle volí paliativní farmakoterapie. Relativní kontraindikací je i tzv. fragilita (křehkost). Mezi relativní kontraindikaci patří také “křehkost” (fragilita) pacienta a “marnost” (futilita) výkonu. Jedná se o eticky problematické situace zahrnující pacienty pokročilého biologického věku, dementní či nesoběstačné pacienty, a další situace, které nejsou zahrnuty ve skórovacích systémech. Finální rozhodnutí o provedení TAVI pak musí zahrnout i komunikaci s rodinou pacienta. (Želízko, 2017)

## 7.5 TYPY CHLOPNÍ U TAVI

Chlopně a jejich vlastnosti dosáhly značného technického rozvoje. Hlavním cílem vývoje chlopní je poskytnout operátorovi maximální kontrolu nad umístováním chlopně. To spočívá zejména v možnosti dobré kontroly polohy chlopně při jejím rozvíjení a schopnosti vrátit již částečně či plně expandovanou chlopeň do výchozího stavu v případě dislokace. Tyto vlastnosti zvyšují bezpečnost a efektivitu procedury. Chlopně jsou kompaktnější, zaváděcí instrumentarium se zmenšuje a tím se stávají dostupnějšími pro širší skupinu pacientů. Pozornost se též upíná ke zvyšování dlouhodobé trvanlivosti chlopní. (Kovac, 2017)

Typickým příkladem chlopní je Medtronic CoreValve a její nové generace z rodiny chlopní Evolut. Tyto se řadí mezi samoexpandibilní chlopně vyrobené z prasečího perikardu supraanulárně upevněné na samoexpandibilním nitilovém rámu, včetně 12 mm punčošky kotvící v oblasti anulární části. Chlopeň je vybavena zaváděcím systémem EnVeo, který má integrovaný 14F zavaděč a umožňuje provést opakovanou repozici během implantace včetně úplného stažení chlopně. Tento typ se vyrábí v několika velikostech – implantace je možná do anulů o průměru 18 až 34 mm pomocí femorálního nebo aortálního přístupu. (Želízko, 2017)

Dalším příkladem chlopní je Edwards SAPIEN 3. Opět se jedná o trojcípou chlopeň, která však není samoexpandibilní, nýbrž je expandovaná pomocí dilatace balonkem. Je vyrobená z hovězího perikardu. Chlopeň se upevňuje na rámu ze slitiny kobaltu a chromu, který je rentgen kontrastní, doplňuje jej punčoška z polyetylen-tereftalátové tkaniny. Edwards SAPIEN 3 se nasazuje na zaváděcí systém Commander obsahující 14F či 16F expandibilní zavaděč eSheath umožňující femorální přístup. Uvedená chlopeň má čtyři velikosti. (Želízko, 2017)

Mimo tyto klasické typy a jejich alternativy (např. samoexpandibilní chlopeň St. Jude Portico) byly vyvíjeny a uvedeny do praxe i jiné koncepty, např. chlopeň Boston Lotus, která expanduje pomocí mechanického stažení a uzamknutí či chlopeň DirectFlow Medical, jejíž nosná konstrukce je plněná a zpevněná polymerem. Minimalizace velikosti zaváděcího instrumentaria umožňuje maximalizovat využití femorálního přístupu. Místo vpichu je na závěr výkonu uzavřeno perkutánními systémy na principu

chirurgického stehu či trombotické zátky a tím je umožněna časná vertikalizace a mobilizace pacienta. (Želízko, 2017)



**Obrázek 10** Nejpoužívanější chlopeč typu Medtronic CoreValve System  
(Fakultní nemocnice Olomouc, 2021)

## **7.6 KOMPLIKACE PO VÝKONU**

Existuje řada komplikací, které se mohou po výkonu objevit. Mezi nejčastější patří: cévní mozková příhoda, paravalvulární regurgitace, úmrtí, cévní a krvácivé komplikace a převodní poruchy. (Svensson, 2013)

### **7.6.1 CÉVNÍ MOZKOVÁ PŘÍHODA**

Cévní mozková příhoda nebo tranzitorní ischemická ataka se po TAVI objevila v 11,2 % pacientů oproti 6,5 % u chirurgického zákroku v časovém rozmezí dvou let. I přestože se řadí mezi jednu z nejčastějších komplikací po TAVI, výhody převažují nad rizikem procedury. (Svensson, 2013)

### **7.6.2 PARAVALVULÁRNÍ REGURGITACE**

Paravalvulární regurgitace byla mírná u 7 % pacientů a závažná u 1,9 % pacientů po jednom roce. Po dvou letech je to 6,9 % a 0,9 %. Paravalvulární regurgitace je prokazatelně spojena s horším přežitím pacientů. Také mírná regurgitace zvyšovala mortalitu. (Svensson, 2013)

### **7.6.3 ÚMRTÍ**

U úmrtí patří mezi hlavní příčiny mechanické poranění způsobené během výkonu, např. ruptura anulu či perforace LK, infarkt myokardu i terminální fáze srdečního selhání. Incidence úmrtí je zhruba 1 až 2 % po 30 dnech. Mezi pozdní prediktory úmrtí se řadí onemocnění jater, středně těžká či těžká mitrální regurgitace chlopně. (Svensson, 2013)

### **7.6.4 CÉVNÍ A KRVÁČIVÉ KOMPLIKACE**

U cévních komplikací se může objevit disekce aorty či ruptura aorty, případně aortálního anulu, perforace LK, pseudoaneurysma, poranění nervu. Mezi závažné krvácivé komplikace lze zařadit krvácení do mozku, krvácení za přítomnosti hypovolemického šoku nebo těžké hypotenze či skryté krvácení. (Želízko, 2017)

### **7.6.5 PŘEVODNÍ PORUCHY**

K poruše převodu srdečního rytmu může dojít z důvodu interakce převodního systému a rámu protézy, která byla implantována. Tato komplikace je relativně častá a její četnost závisí i na typu chlopně. Až 25 % pacientů podstupujících TAVI může vyžadovat implantaci kardiostimulátoru. (Želízko, 2017)



## 8 SROVNÁNÍ CHIRURGICKÉ A TAVI LÉČBY

Jako referenci pro srovnání chirurgické a TAVI léčby je možné využít rodinu studií zahrnutých pod názvy PARTNER, které jako první srovnávaly TAVI s chirurgickým přístupem, v tomto případě za pomoci balonexpandibilní chlopně. V podobném duchu následovaly studie využívající jiné typy chlopní. (Smith, 2011)

### 8.1 STUDIE PARTNER I

Studie PARTNER I se dělí na Partner A (publikováno 2011) a Partner B (publikováno 2010). Partner A je složena z pacientů trpících těžkou stenózou aortální chlopně, kteří jsou vysoce rizikováni pro chirurgický zákrok (riziko úmrtí více než 15 %). Partner B se skládá z pacientů, které nelze pro vysoké riziko chirurgicky operovat. (Svensson, 2013)

Shrnujícími kritérii pro studii PARTNER jsou údaje:

- Plocha chlopně menší než 0,8 cm<sup>2</sup>
- Průměrný gradient větší než 40 mmHg nebo vrchol větší než 64 mmHg
- Přežití pacientů doby delší než jeden rok

Hlavním sledovaným parametrem bylo úmrtí z jakékoliv příčiny do jednoho roku od výkonu. V případě Partner A nebyl patrný signifikantní rozdíl (24,2 % TAVI vs. 26,8 % SAVR). Prevalence cévní mozkové příhody byla vyšší v případě TAVI 3,8 % vs. 2,1 %. Prodloužené pětileté sledování prokázalo pokračování trendu nevýznamného rozdílu v mortalitě u TAVI vs. SAVR. (Svensson, 2013)

Studie Partner B měla roční mortalitu 30,7% versus 50,7% ve prospěch TAVI. U této studie jsou velmi názorné výsledky pětiletého sledování s markantním rozdílem mezi TAVI a konzervativním přístupem k léčbě pomocí farmakoterapie a případné balonkové valvuloplastiky. Celková mortalita byla 71,8 % ve skupině pacientů po TAVI a 93,6 % u pacientů se standardní léčbou. To znamená, že po pěti letech bez TAVI prakticky nikdo nepřežil. Studie PARTNER I (a zejména větev Partner A) je základním opěrným bodem doporučení pro management chirurgicky vysoce rizikových pacientů a prokazuje, že TAVI je vhodnou alternativou pro tyto pacienty. (Kapadia, 2015)

Studie Partner 2 publikovaná 2016 a Partner 3 publikovaná 2019 byly provedeny v podobném duchu a zahrnuly chirurgicky středně (odhadovaná perioperační mortalita

4-8 %) a nízké rizikové pacienty. Prokázaly, že TAVI je noninferiorní (Partner 2) a v případě Partner 3 dokonce superiorní chirurgické léčbě. (Kapadia, 2015)

## 9 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Degenerativní stenóza aortální chlopně je nejčastěji řešenou chlopenní vadou v dospělém věku a její management je součástí moderní kardiologie. Zhoršuje kvalitu života nemocných a dle své závažnosti ovlivňuje i přežití pacientů. Současná diagnostika i terapeutické řešení jsou na vysoké úrovni a nabízí více možností. Mezi způsoby léčby stenózy aortální chlopně se řadí medikamentózní léčba (pouze paliativní způsob léčby), chirurgická a transkatetrová náhrada chlopně. Poslední dvě uvedené možnosti s sebou nesou rizika i benefity. Moderní metoda TAVI, která byla poprvé provedena roku 2004 a které je diplomová práce věnována, nabízí alternativu k chirurgickému řešení u selektovaných pacientů. V současné době je u TAVI využíváno více typů chlopní, jejichž výrobci se snaží zvyšovat bezpečnost a efektivitu procedury stejně jako dlouhodobou trvanlivost chlopní.

Pro správnou léčbu je velmi důležitá komplexní diagnostika díky které mohou lékaři vhodně selektovat pacienty a volit pro ně optimální typ chlopně. Zdravotníci se řídí radiologickými standardy a protokoly.

## **II PRAKTICKÁ A VÝZKUMNÁ ČÁST**

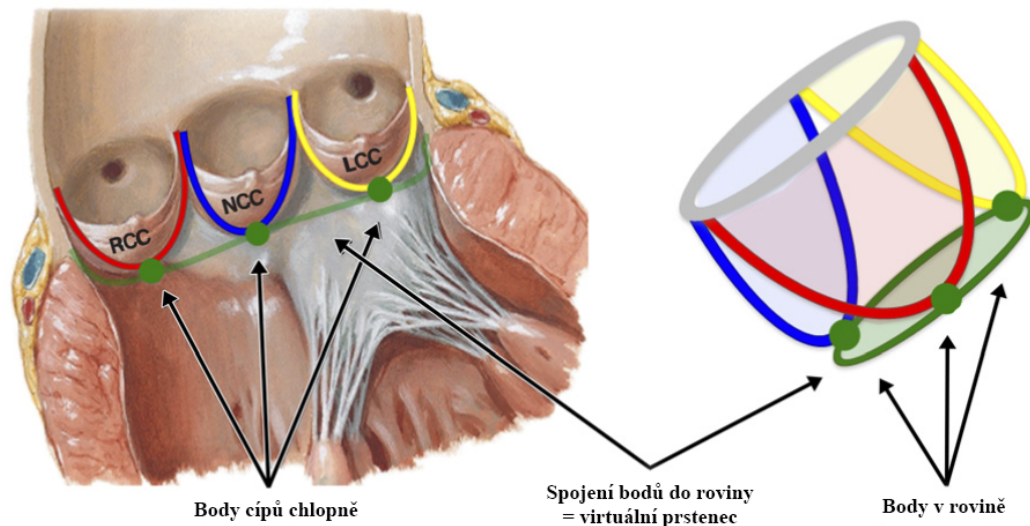
Jelikož diagnostika pomocí zobrazovacích metod hraje významnou roli v managementu těchto pacientů, výzkumná část se věnuje prováděným měřením pomocí aortografie a CT angiografie a hodnotí jejich přesnost a přínos.

Ke zkoumané problematice byla na základě shrnutí dohledaných informací zformulována výzkumná otázka: Jsou aortografická měření prováděná před TAVI přesná a přínosná v managementu těchto pacientů?

## **10 STANDARDIZOVANÉ ZOBRAZOVÁNÍ VELIKOSTI AORTÁLNÍHO ANULU**

Správné zobrazení a měření aortálního anulu je nezbytným předpokladem zvolení ideální velikosti náhrady aortální chlopně a tím snížení míry komplikací v průběhu zákroku i po něm. Existují invazivní i neinvazivní přístupy, které lze využít ke správnému výběru pacientů vhodných pro TAVI a strategické využití zobrazovacích metod jako je echokardiografie, MDCT a angiografie umožňují optimální výběr protézy pro daného pacienta. (Kasel, 2013)

Na rozdíl od SAVR u které se předpokládá adaptace nové protézy, která je ke kořenu aorty přišita, TAVI nepředpokládá rozsáhlou interakci okolních struktur po rozvinutí nové protézy. Aortální anulus představuje část kořene aorty, která je definována jako virtuální prstenec se základnou tvořenou bazemi aortálních cípů. Velikost nové protézy závisí na dimenzování aortálního anulu během systoly a nalezení bodů vhodných pro její ukotvení. Správným změřením anulu aortální chlopně předchází naddimenzování či poddimenzování chlopně. Poddimenzování anulu může vést k výběru malé protézy, která může způsobit komplikace jako je paravalvulární regurgitace nebo embolizace chlopně. Naopak naddimenzování anulu vede k volbě protézy velké velikosti, která by mohla vést k ruptuře anulu nebo zvýší riziko poruchy srdečního rytmu a potřeby implantace kardiostimulátoru. (Kasel, 2013)

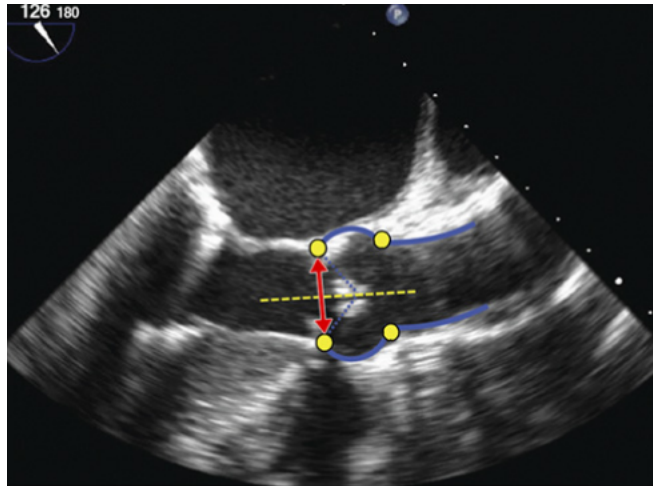


Obrázek 11 Zobrazení normální anatomie aortálního anulu, RCC = pravý koronární cíp, NCC = nekoronární cíp, LCC = levý koronární cíp (Kasel, 2013), přeloženo autorem DP

## 10.1 ZOBRAZOVACÍ METODY MĚŘÍCÍ AORTÁLNÍ ANULUS

### 10.1.1 TRANSESOFAGEÁLNÍ ECHOKARDIOGRAFIE

Základní metodou poskytující náhled na anatomii a velikost aortálního anulu je echokardiografie. Transthorakální dvourozměrná echokardiografie je obvykle iniciálním vyšetřením potvrzujícím diagnózu stenózy aortální chlopně. Detailnější zobrazení je však možno získat pomocí transesofageální echokardiografie (TEE). Při přímém srovnání transthorakální a transesofageální echokardiografie je sagitální měření o 1 mm větší na transthorakální echokardiografii, což může ovlivnit výsledky měření. (Kasel, 2013) Je důležité zmínit, že měření na echokardiografii mohou komplikovat kalcifikované a nepohyblivé cípy chlopně a objemné kalcifikace na cípech mohou zkreslovat rozšíření roviny anulu v systole. (Kasel, 2013)

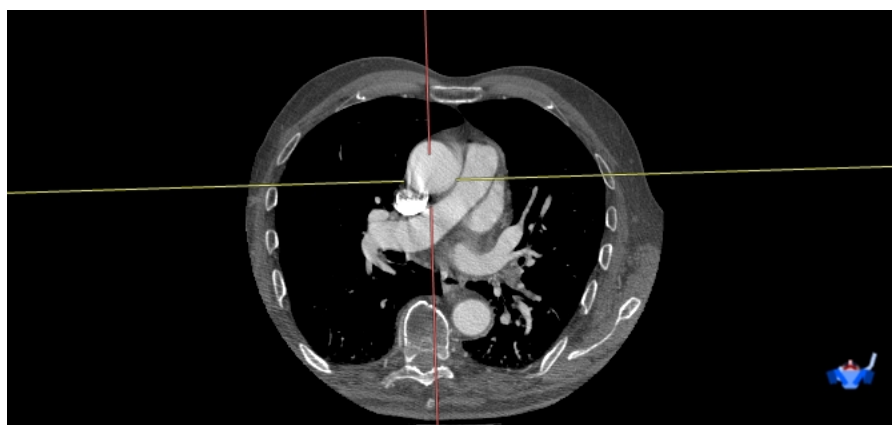


**Obrázek 12 Aortální anulus na TEE (Kasel, 2013)**

Na obrázku z TEE lze vidět čtyři body značeny žlutě, které popisují sinotubulární junkci definující horní referenční rovinu a spodní body cípů aortální chlopně představují řez virtuální rovinou anulu. (Kasel, 2013)

### 10.1.2 MULTIDETEKTOROVÁ VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE

V průběhu let se u pacientů podstupujících TAVI stalo MDCT nezbytným nástrojem pro detailní, spolehlivé a komplexní trojrozměrné zobrazení anatomie aortálního kořene. Tomografické obrazy aortálního anulu, Valsavových sinů a koronárních odstupů poskytují detailní náhled na struktury, ve kterých jsou aortální cípy zanořeny. Tento zobrazovací postup je doporučen z důvodu nedostatku přímé vizualizace chlopně u echokardiografie při plánování procedury. Doporučený přístroj by měl disponovat minimálně 64 detektory s prostorovým rozlišením 0,5 či 0,6 mm. Skenovací protokoly doporučují do zobrazování aortálního anulu zahrnout elektrokardiografickou synchronizaci (EKG GATING), která koriguje pohybové artefakty způsobené pulzací srdce při vyšetření. Pacient je vyšetřován s aplikací kontrastní látky do cévního systému a rekonstrukce obrazů probíhá v požadovaných fázích srdečního cyklu. Využívá se taková fáze srdečního cyklu, která poskytne nejlepší obrazovou kvalitu aortálního anulu. Na rozdíl od echokardiografických měření zobrazení pomocí MDCT neuvádí významné rozdíly v průměrech získaných v průběhu systolické či diastolické fáze. Rekonstrukce obrazů anulu aorty by se měla provádět ortogonálně ve vztahu k centrální rovině levého výtokového traktu. Tento postup umožňuje nejlépe hodnotit minimální a maximální diametr, obvod a plochu aortálního anulu. (Kasel, 2013)

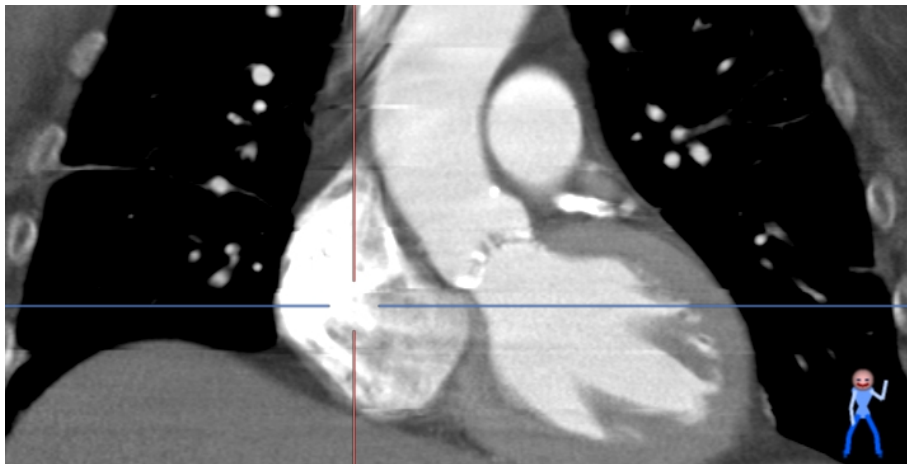


Obrázek 13 Transverzální projekce na MPR (PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2018)



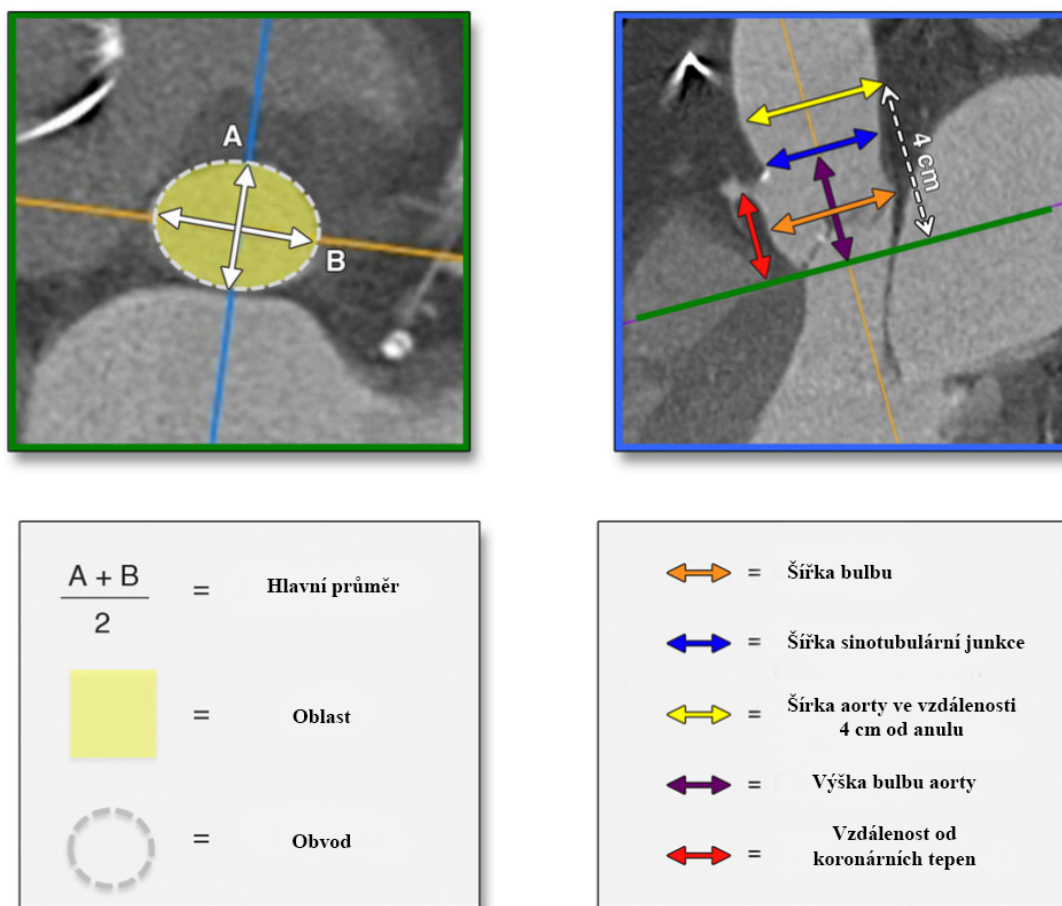


**Obrázek 14** Sagitální projekce na MPR (PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2018)



**Obrázek 15** Koronální projekce na MPR (PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2018)

Měření aortálního anulu na MDCT mohou komplikovat rozsáhlé kalcifikace nebo neobvykle velký obvod anulu. Minimální a maximální rozměry anulu lze určit pomocí jeho středové čáry s hlavním diametrem změřeným ze dvou měření či spočítáním plochy nebo obvodu. Bioprotézy jsou předurčeny ke kruhovému průřezu, to znamená, že jejich průměr je odvozen od ideálního obvodu a počítá se jako:  $\text{perimetr sledovaného mnohoúhelníku} / \pi$ , z čehož je oblast kalkulována jako:  $2 \times \text{oblast sledovaného mnohoúhelníku} \text{ v } \text{mm}^2 / \pi$ . Vzdálenost roviny chlopně od koronárního odstupu by měla být měřena v longitudinální ose v pravém úhlu k rovině bodů. (Kasel, 2013)



**Obrázek 16 Dimenzování aortálního anulu (Kasel, 2013), upraveno autorem DP**

Měření virtuální základny prstence anulu pomocí MDCT je prokazatelně přínosnější metodou než echokardiografie. MDCT nabízí lepší strategii diagnostiky před zákrokem a rozšířené možnosti srovnávání výsledků s výsledky vyšetření na TEE, jelikož je zde blízká korelace s přímým chirurgickým měřením a vysoká přesnost a reprodukovatelnost hodnocení. Detailní diagnostika může snížit počet prováděných

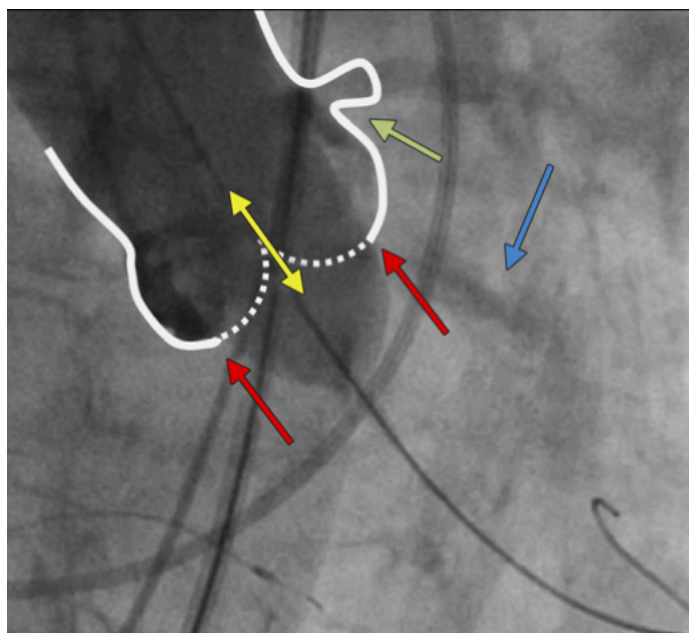
aortogramů v průběhu zákroku a zkrátit dobu procedury včetně snížení potřebného množství pro aplikaci KL a zlepšení přesnosti implantace protéz. (Kasel, 2013)

### 10.1.3 KALIBROVANÁ BALONKOVÁ AORTÁLNÍ VALVULOPLASTIKA

Přestože jdou zobrazovací metody mílovými kroky kupředu, charakteristika degenerativní stenózy aortální chlopně může být v určitých případech velmi specifická. Při diagnostice může dojít k rozpornému měření pomocí multimodálního zobrazování a vzniká nejisté rozhodování o volbě optimální náhradní chlopně (např. z důvodu asymetrické kalcifikace). V těchto případech může být kalibrovaná BAV využita jako prostředek k přímému měření aortálního anulu a výběru správné náhrady chlopně. Předchozí zkušenosti prokazují, že BAV může přímo ovlivnit změnu velikosti protézy až u 25 % pacientů. (Kasel, 2013)

Během rychlé stimulace srdečního rytmu lze BAV s použitím kontrastní látky potvrdit nepřímou informaci o neadekvátní změřené velikosti anulu a kořene aorty pomocí několika znaků:

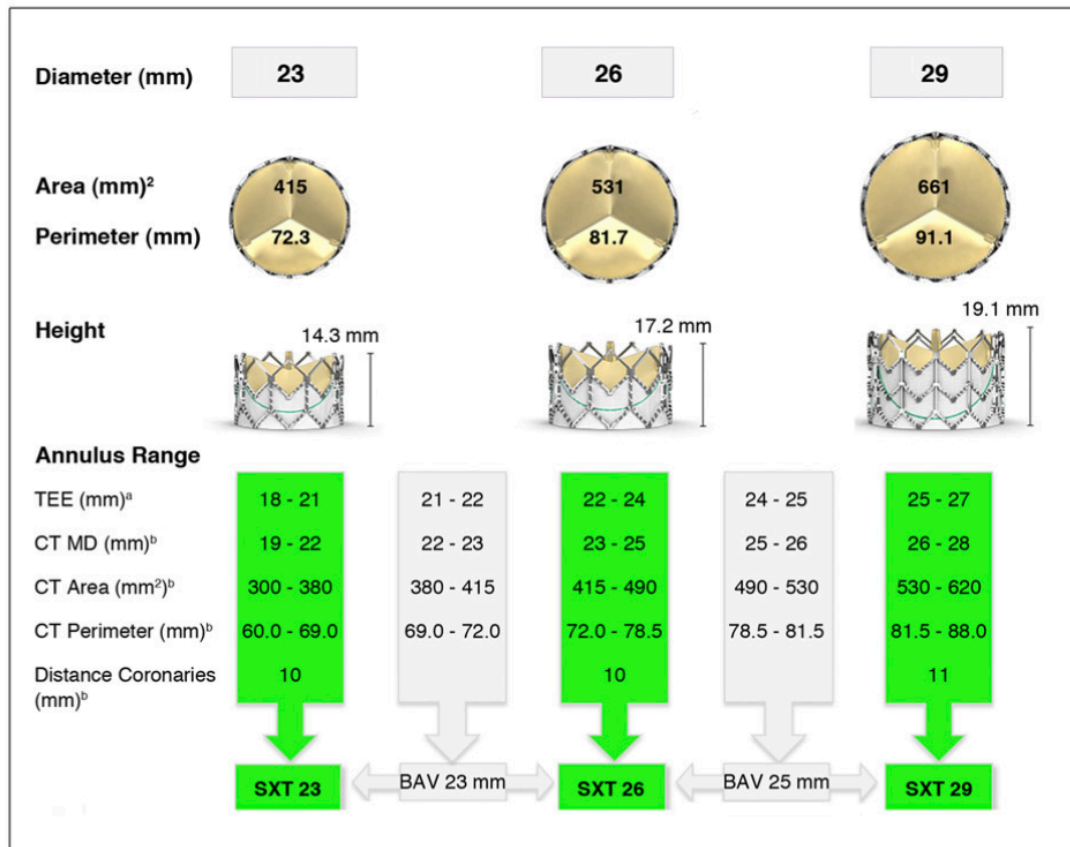
- a) Nedostatečný pohyb balonku v aortální chlopni
- b) Absence regurgitace residuálního kontrastního média během maximálního nafouknutí balonku



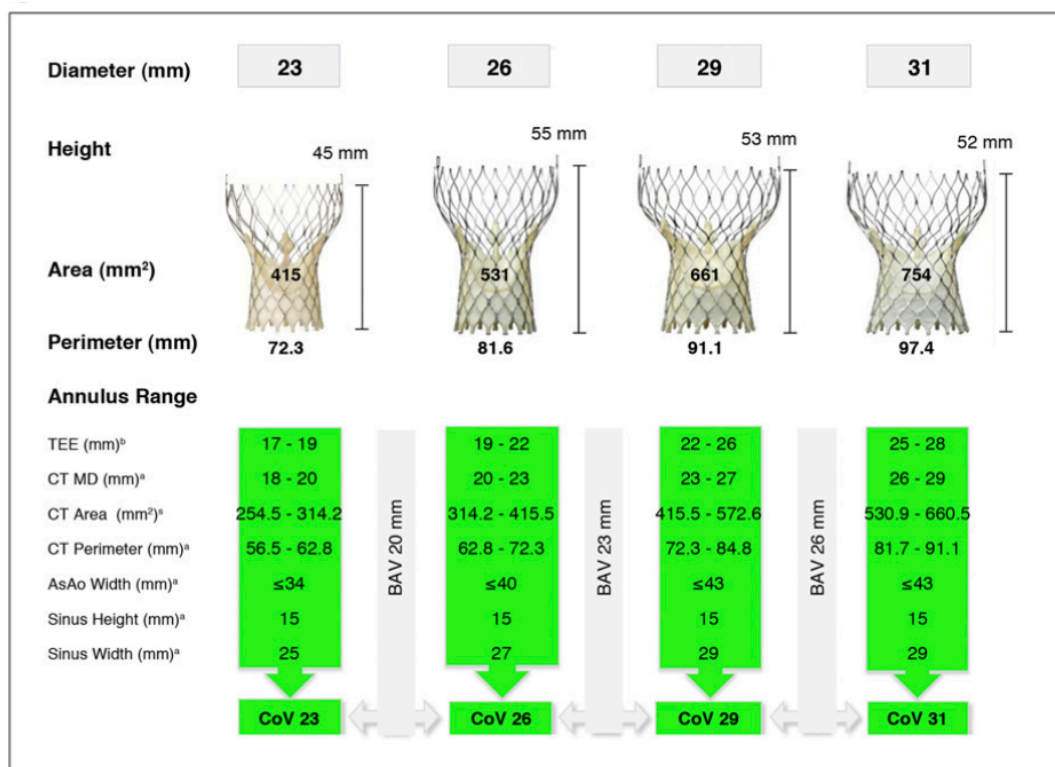
Obrázek 17 Měření aortálního anulu pomocí kalibrované balonkové aortální valvuloplastiky a simultánní aortografie (Kasel, 2013)

Na uvedeném obrázku lze vidět směr pohybu balonku v aortální chlopni (žlutá šipka), šířku balonku přiléhajícího k anulu aorty (červené šipky) a residuální kontrastní médium mezi maximálně nafouknutým balonkem a body aortální chlopně (modrá

šipka). Zelená šipka poukazuje na přiléhající kalcifikované cípy ke koronární ostii. Během BAV mohou operatři spolehlivě předurčit finální pozici kalcifikovaných cípů k vyloučení potenciálního rizika okluze koronárního odstupu po TAVI. (Kasel, 2013)



Obrázek 18 Doporučení pro výběr balonexpandabilních protéz (Kasel, 2013)

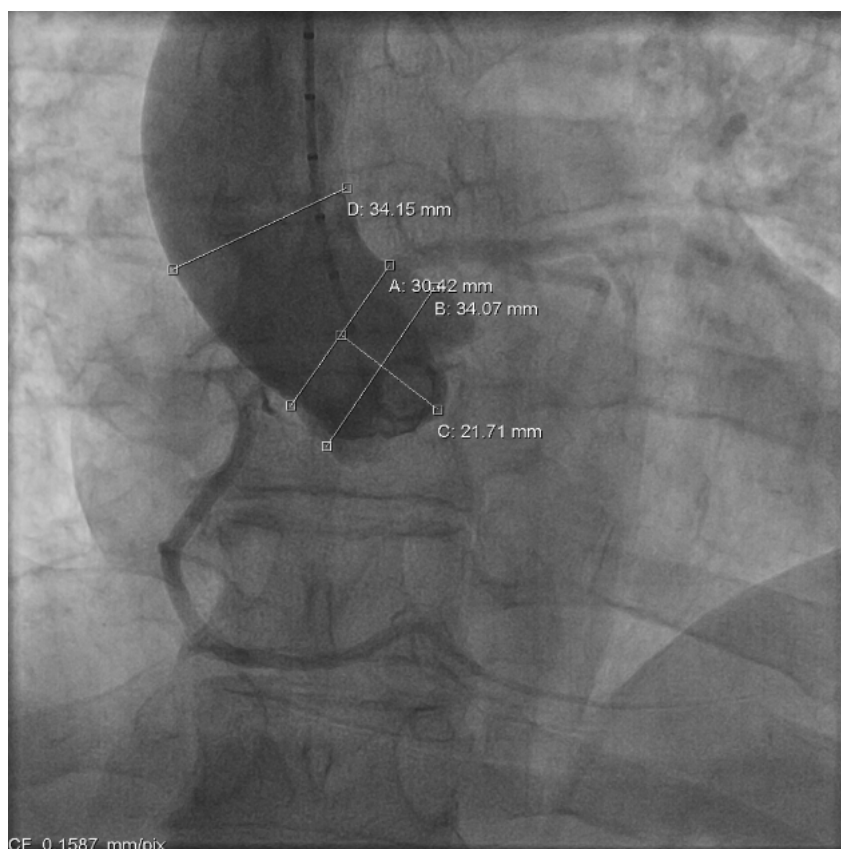


Obrázek 19 Doporučení pro výběr samoexpandabilních protéz (Kasel, 2013)

Jakmile bude provedeno definitivní měření, správná protéza sedící do anulárního diametru by měla být zvolena na základě doporučení výrobců a v neposlední řadě i na základě zkušenosti operátora. Jelikož jsou balonexpandabilní protézy navrženy k dosažení přesného diametru a tvaru, mohou výrazněji modifikovat anatomii aortálního anulu. Oproti tomuto faktu jsou samoexpandabilní protézy více přizpůsobivé nativnímu tvaru anulu. To znamená, že procedurální úspěch, rizika a celkové provedení TAVI speciálně s balonexpandabilními protézami velmi závisí na určení správné velikosti aortálního anulu. V případě rozměru anulu na hranici dvou velikostí je důležité věnovat pozornost rozsahu kalcifikace cípů z důvodu vyloučení rizika ruptury anulu. (Kasel, 2013)

#### 10.1.4 BULBOGRAFIE

Bulbografie je součástí SKG a poskytuje rychlý náhled na morfologii chlopně včetně množství kalcifikací. Umožňuje orientační měření velikosti kořene, sinotubulární junkce, výšky bulbu, vzdálenosti odstopu koronárních tepen a velikost ascendentní aorty (vhodná zejména u CoreValve chlopně/samoexpandabilních chlopní – příliš dilatovaná ascendentní aorta totiž neposkytuje správné ukotvení chlopně. Bulbografie umožňuje odhadnout optimální rovinu cípů, která se poté použije během TAVI, jelikož v této rovině operatér implantuje chlopeň. (Kasel, 2013)



**Obrázek 20 Bulbografie včetně měření aortální chlopně před TAVI (PACS FNOL, 2019)**

# 11 VÝZKUMNÁ ČÁST

## 11.1 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem výzkumu diplomové práce bylo srovnat bulbografická měření prováděná na angiografickém přístroji intervenční kardiologie I. interní kliniky Fakultní nemocnice Olomouc a CT měření prováděných při angiografii kořene aorty na radiologické klinice Fakultní nemocnice Olomouc.

Cíle výzkumu:

Cíl č. 1: Srovnat bulbografická měření kalibrovaná pomocí markerovaného a katetru a pomocí šířky katetru

Cíl č. 2: Porovnat výsledky bulbografických měření s měřeními z CT angiografie aorty

K uvedeným cílům byly zformulovány hypotézy:

Hypotéza č. 1: Aortografická měření kalibrace s využitím markeru jsou přesnější než pomocí šířky katetru a korelují s měřeními z CT.

Hypotéza č. 2: Aortografie může být v současnosti stále smysluplným vyšetřením.

## 11.2 METODIKA

Výzkumná část diplomové práce je statistickou analýzou zpracována z dat, která byla získána na pracovištích I. interní kliniky-kardiologické Fakultní nemocnice Olomouc (bulbografie) a Radiologické klinicky Fakultní nemocnice Olomouc (CT angiografie). Před nahlížením do PACS a následným měřením byla podána žádost Etické komisi a také Fakultní nemocnici Olomouc. Etická komise vydala souhlasné stanovisko (viz. příloha č. 1) a Fakultní nemocnice se také souhlasně vyjádřila (viz. příloha č. 2). Přístup k datům cílové skupiny byl zajištěn pomocí nemocničního systému PACS. Pacienti podstupující vyšetření měli významnou symptomatickou stenózu aortální chlopně a byla u nich plánována TAVI procedura. Analýza proběhla na skupině 95 pacientů podstupujících jak aortografická vyšetření, tak i CT vyšetření před zákrokem TAVI. Údaje pacientů byly anonymní a mezi získanými daty byly informace o věku, pohlaví, číslech framů ve kterých byla data naměřena, polohy pacienta. Zároveň byly k dispozici bulbografická měření provedená pomocí markerovaného pigtail katetru

radiologickými asistenty zahrnující rozměr bulbu aorty a ST junkce. Při bulbografii byl vždy použit 5F katetr.

Byla aplikována tato zařazovací kritéria:

- Vyšetření pacientů proběhlo v letech 2018-2019
- Pacienti měli bulbografické i CT vyšetření před TAVI
- Provedení bulbografie pomocí markerovaného katetru

Pacienty z výkumu vyřadila tato kritéria:

- Absence bulbografického či CT vyšetření před TAVI (nebylo by možné provést srovnání mezi oběma vyšetřeními)
- Bulbografie byla provedena nemarkerovaným katetrem (nemožnost kalibrace podle délky mezi markery)

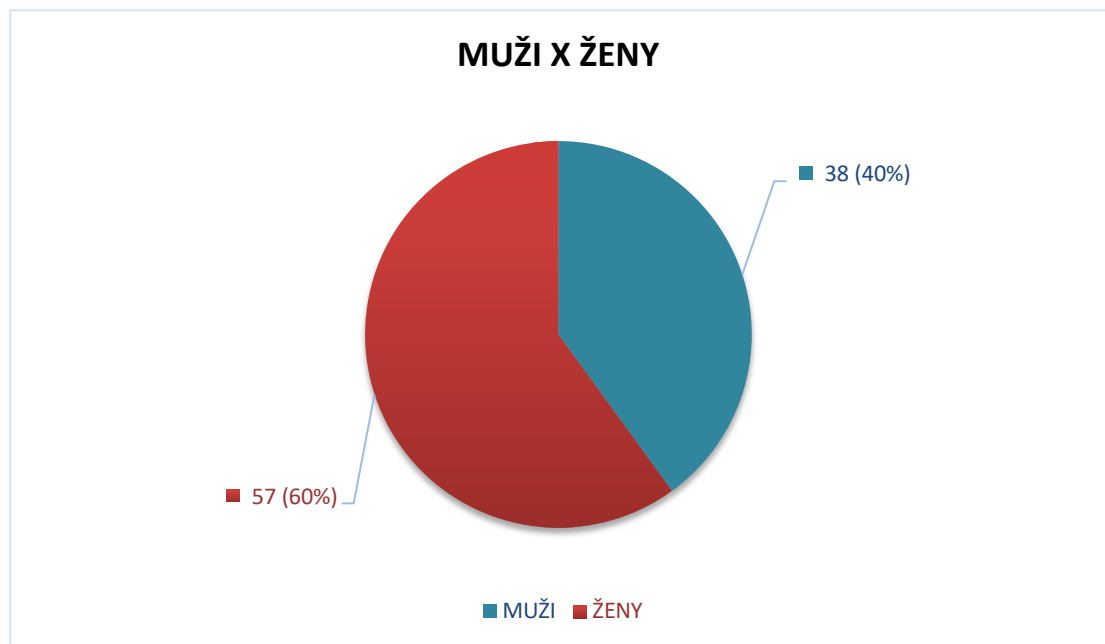
Sběr dat ke kvantitativnímu typu výzkumu probíhal retrospektivně z období roku 2018 a 2019. V obou případech vyšetření byla u pacientů použita neionická kontrastní látka k naplnění kořene aorty a přiléhajících cév.

Pro porovnání měření byl použit statistický parametrický Studentův párový t-test, který se při testování hypotéz zabývá tím, zda při měření došlo ke změně. Párový t-test srovnává dvě průměrné hodnoty různých metod měření, které byly provedeny ve Fakultní nemocnici Olomouc u dané skupiny pacientů. Párová měření jsou na sobě závislá. Sledované proměnné vykazují normální rozložení četností.



## 11.3 ANALÝZA SKUPINY PACIENTŮ

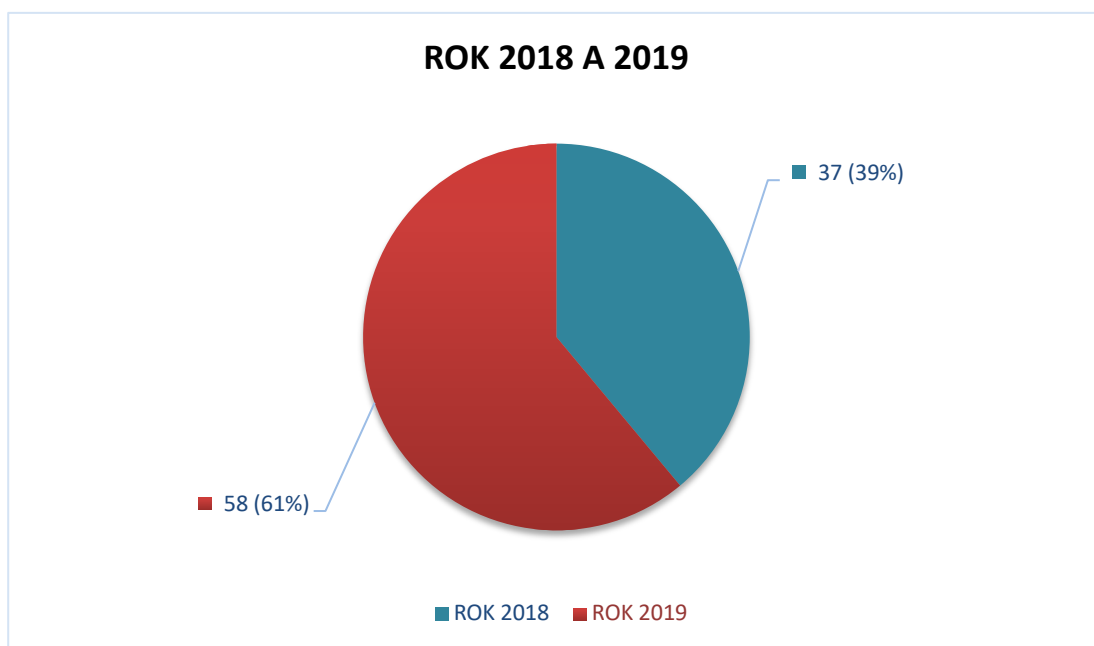
### ROZDĚLENÍ POHLAVÍ



Graf 1 Skupina zkoumaných pacientů a jejich procentuální zastoupení

Vybraná skupina zkoumaných nemocných se skládá z 95 pacientů, z toho celkově 38 mužů a 57 žen. V grafu lze vidět i procentuální zastoupení jednotlivých pohlaví, kdy 40 % ze skupiny tvoří muži a 60 % tvoří zastoupení žen.

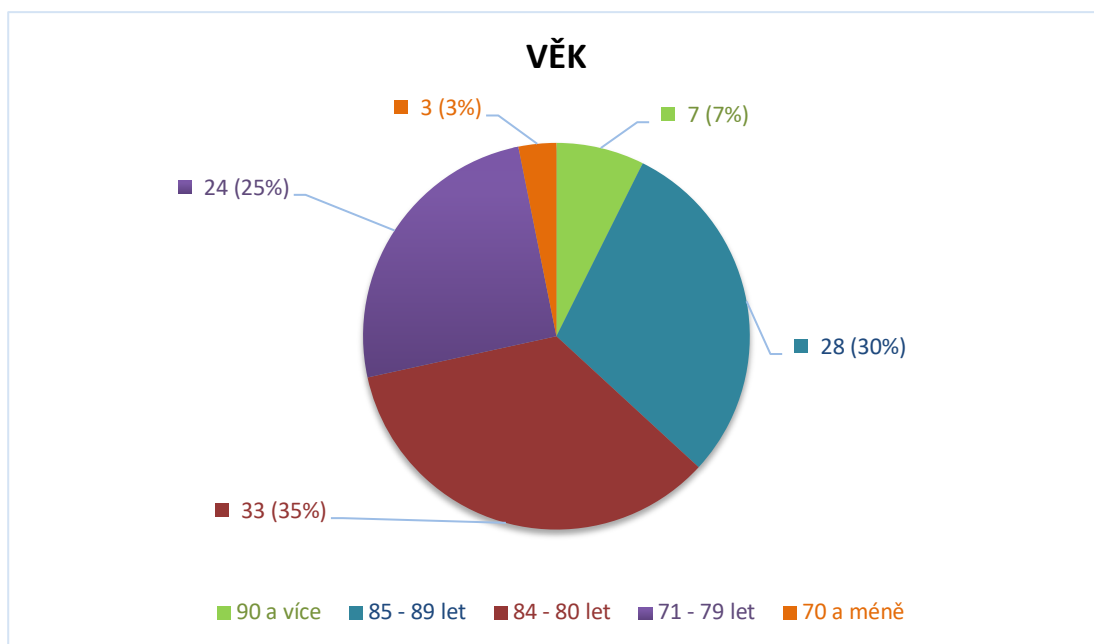
## ZKOUMANÉ OBDOBÍ



**Graf 2** Procentuální zastoupení pacientů jednotlivých letech

Graf č. 2 poukazuje na procentuální zastoupení pacientů v jednotlivých letech, skupina byla vybrána z roku 2018 a 2019, přičemž více vhodných pacientů se našlo v roce 2019. Z toho vyplývá, že zastoupení roku 2018 ve výzkumu je nižší – konkrétně 39 % oproti roku 2019, ve kterém je obsazení pacientů ze 61 %.

## VĚKOVÉ ROZMEZÍ



**Graf 3** Věkové rozmezí zkoumané skupiny

Zkoumaní pacienti jsou různého věkového rozmezí, největší zastoupení má věkové rozmezí 80 až 84 let (35 %), následně 85 až 89 let (30 %) a jako třetí 71 až 79 let (25 %). Mezi další pacienty řadíme nemocné věkem 90 a více let – pouze 7 % a nejméně zkoumaných jsou pouze 3 % - mladší pacienti, kteří mají 70 let a méně.

#### **11.4 ZPŮSOB MĚŘENÍ**

Skupina vybraných pacientů podstoupila aortografii a následnou CT angiografii. Naměřené délky junkce a bulbu aorty se vzájemně porovnávají ve vztahu k dalším způsobům naměření při diagnostice před TAVI zákrokem. Při sběru dat byl využíván systém PACS a jeho funkce, které nabízí: kalibrace měření, pravítko a úhломěr.

### 11.4.1 CT ANGIOGRAFIE

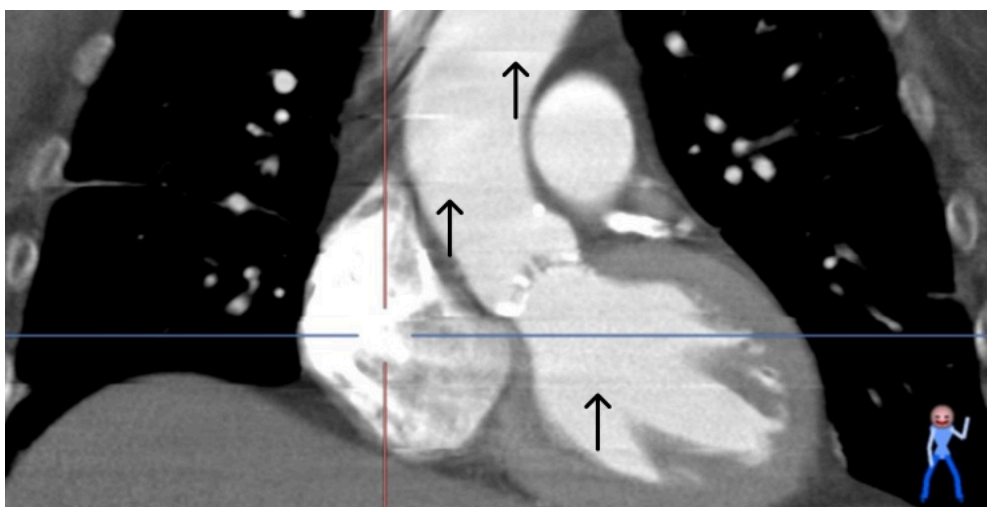
Vyšetření pacientů pomocí angiografie na CT přístroji GE VCT probíhalo na radiodiagnostickém oddělení ve Fakultní nemocnici Olomouc. CT angiografie aorty probíhá ve dvou fázích a provádí se předozadní a bočný topogram. Používá se split technika (bolus tracking, bolus timing) pomocí ostrého kontrastu a ředěného fyziologického roztoku. Skenování pacienta probíhá od hrotu srdce kraniálně a od brady do pánve kaudálně. V příloze jsou uvedeny skenovací protokoly na CT vytvořené podle radiologických standardů (příloha č. 4,5,6). Před samotným vyšetřením je nutná příprava pacienta – premedikace dle lékaře (antihistaminika, betablokátory atd.). Pacient je lačný nejméně 6 hodin, nutná je hydratace. Z důvodu aplikace KL je zavedena 18-20 G flexila nejlépe do pravé kubitální žíly (snížení artefaktů z KL v oblasti levé v. subclavia a v. brachiocephalica – artefakty zhoršují přesné hodnocení aortálního oblouku). Pacient je uložen na vyšetřovací stůl v poloze na zádech, nohy směřují do gantry CT a ruce má volně položené za hlavou. Pro synchronizaci gatingu je napojen na EKG snímací konzoli. Centrace pacienta: V AP projekci na jugulum, v bočné směřují centrovací lasery do poloviny ventrální části hrudníku. Proveďte se AP a bočný topogram. Aplikace KL se provádí pomocí tlakového injektoru v množství 70 ml (upravuje se dle váhy pacienta) rychlostí 4 ml/s a ihned se aplikuje 40 ml fyziologického roztoku rychlostí 3,5 ml/s. Akvizice dat je spuštěna podle Smart prep ve vzestupné aortě po dosažení prahové hodnoty 120 HU. Rozsah vyšetřované oblasti určí radiolog na základě indikace ošetřujícího lékaře. Skenování pacienta probíhá v axilární rovině kraniokaudálním směrem. (Heřman a kol., 2014)

Při měření je velmi důležité sjednotit fázi srdce a projekce, ve kterých bylo vyšetření snímáno. Na CTAG je správnou volbou 30 % fáze systoly, jelikož je v této fázi nejlépe naplněn kořen aorty KL a měření lze co nejlépe provést. Na MPR rekonstrukci probíhaly změny úhlů projekcí, a to buď pootočením projekce na levou či pravou stranu a kraniálně či kaudálně dle funkce úhloměr, pomocí které lze měřit v PACS. Po změření úhlů a natočení snímků do správné projekce probíhalo měření.



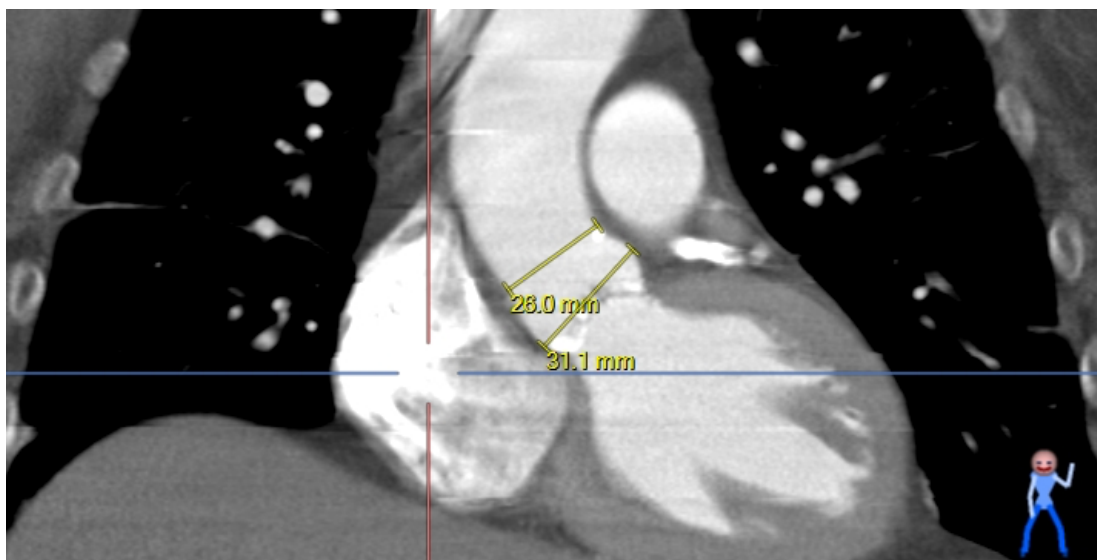
**Obrázek 21 Měření úhlu pro posunutí projekce o 2 stupně kraniálně (CRA 2)  
(zdroj: PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2019)**

Následně byla získána správná projekce připravená k měření pomocí MPR. Na obrázku můžeme vidět stitching artefakt (černé šipky).



**Obrázek 22 Správná projekce pro změření (zdroj: PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2019)**

Následovalo měření pomocí funkce pravítka, které nabízí systém PACS.

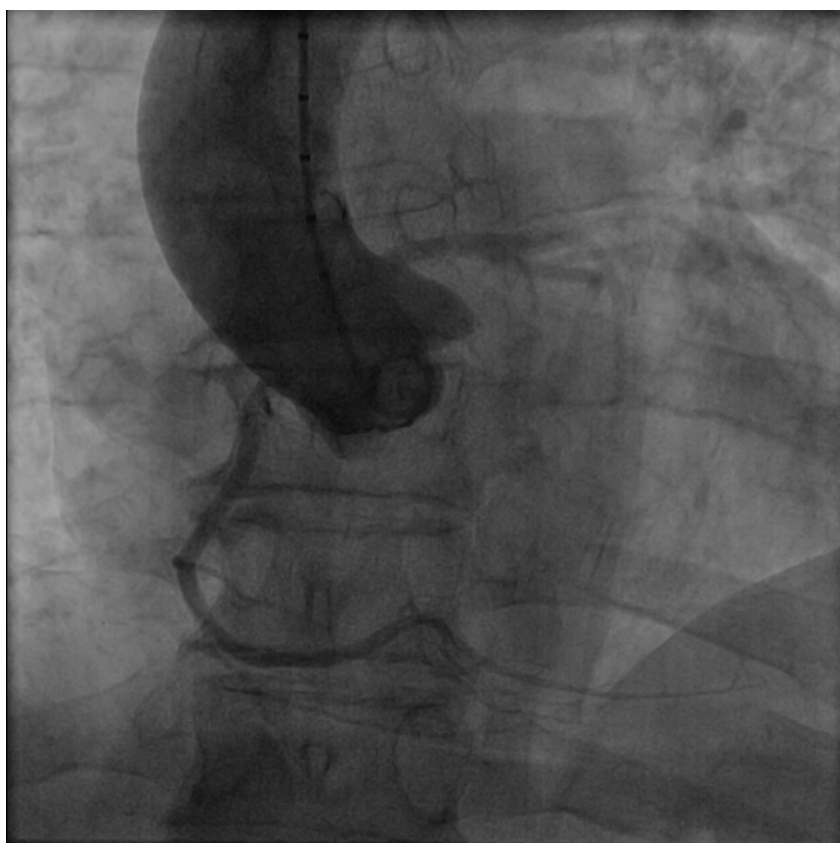


**Obrázek 23** Změření bulbu a junkce aorty pomocí pravítka  
(zdroj: PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2019)

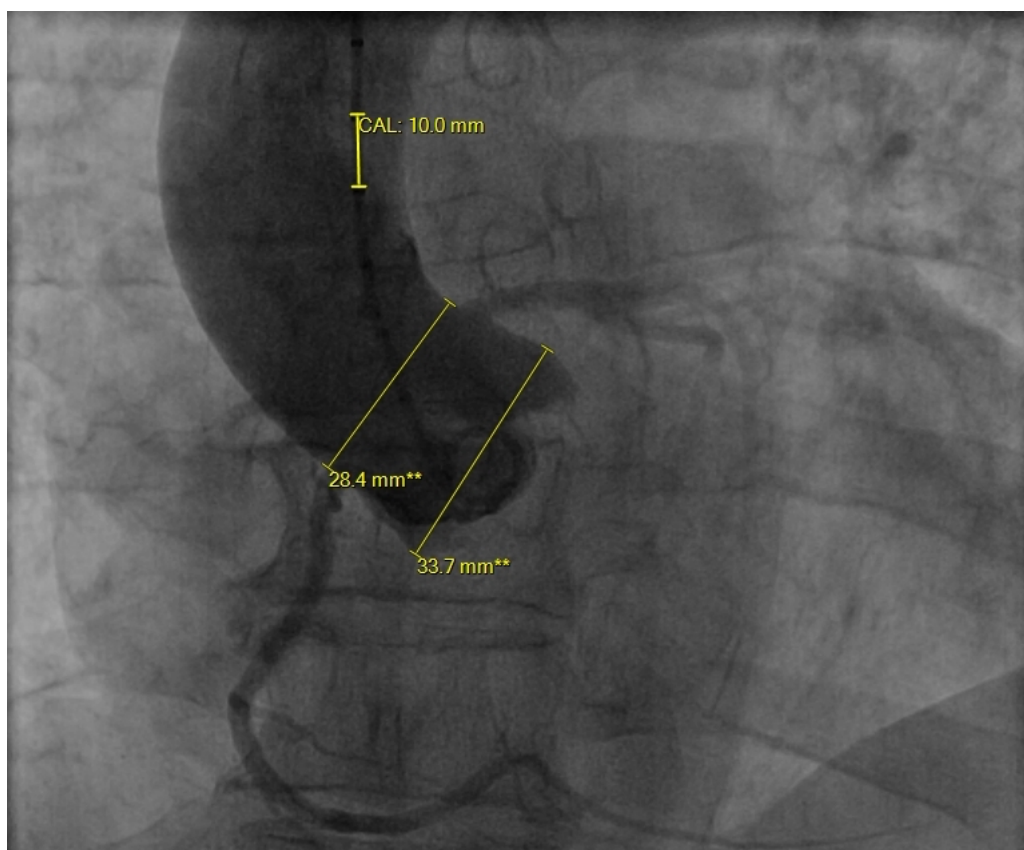
Změřené údaje byly vepsány do tabulky v milimetrech, kterou lze nalézt v příloze č.7.  
Hodnoty CT nejsou kalibrované, tudíž jsou ve výzkumu považovány za referenční.

#### **11.4.2 BULBOGRAFIE KALIBROVANÁ PODLE DÉLKY MEZI MARKERY KATETRU**

Všichni pacienti byli vyšetřováni markerovanými katetry. Na obrázku č. 25 je uveden reprezentativní příklad bulbografického vyšetření, ve kterém následný výzkum probíhal. Kořen aorty byl naplněn kontrastní látkou, všechny cípy chlopně musely být zobrazeny. První měření probíhalo s kalibrací pomocí délky mezi markery, které lze vidět i na obrázku při naplněném kontrastu. Bylo nutné vyhledat si nejrovnější úsek mezi dvěma markery, na kterém by mohla proběhnout správná a co nejpřesnější kalibrace. Pro lepší orientaci jsem použila funkci „lupa“ a projekce si přibližovala.



**Obrázek 24 Nástřik aorty KL a správná projekce  
(PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2019)**



**Obrázek 25 Vlastní měření s kalibrací  
(PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2021)**

Na obrázku č. 26 je znázorněn postup kalibrace mezi markery a následné vlastní měření (vyznačeno žlutou barvou) pomocí nástroje „pravítko“ v PACS. Kalibrace byla provedena mezi horními okraji dvou sousedících značek. Horní hranici markerů byly zvoleny pro zamezení možnosti nepřesného měření na středu značky. Naměřené hodnoty jsou zapsány v tabulce v příloze č.8.



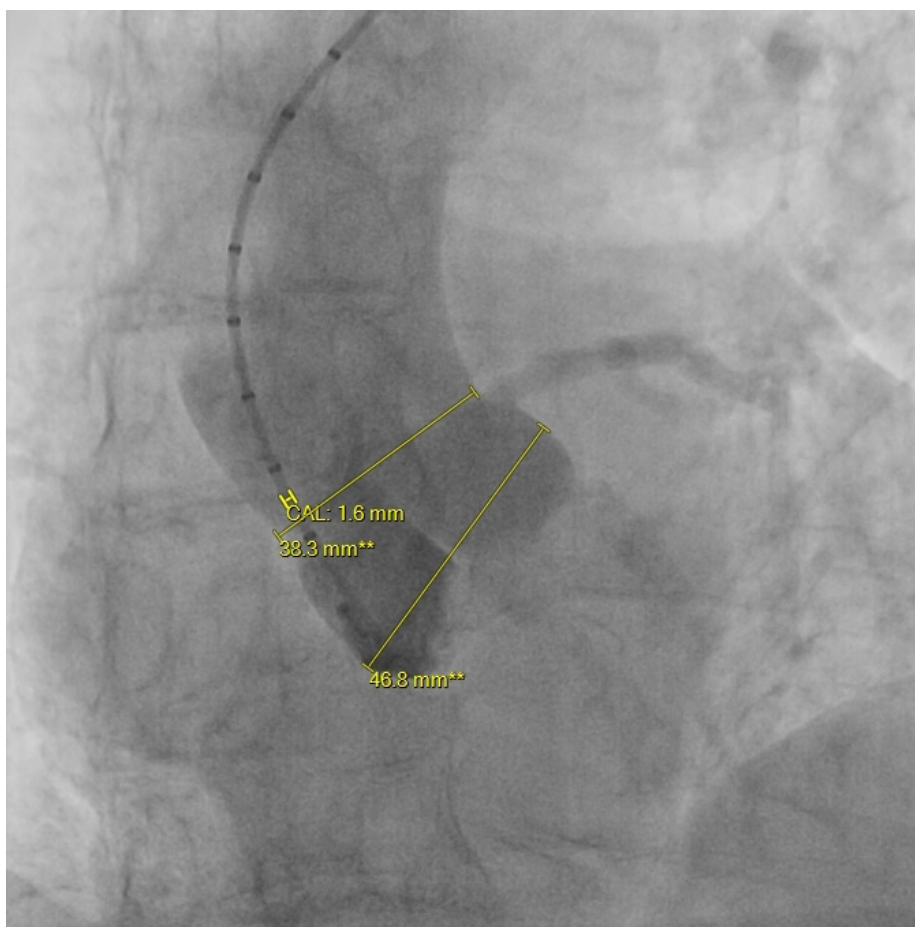
### 11.4.3 BULBOGRAFIE KALIBROVANÁ PODLE ŠÍŘKY KATETRU

U aortografického měření kalibrovaného podle šířky katetru bylo vycházeno z předpokladu, že každý katetr byl široký  $5\text{ F} = 1,667\text{ mm}$ . Projekce, ve které byla vzdálenost kalibrována a měřená, byla vždy stejná, můžeme vidět na obrázku č. 27 (při plném naplnění aorty kontrastní látkou), všechny cípy chlopně musely být vidět.



**Obrázek 26 Správná projekce v naplnění aorty kontrastní látkou  
(zdroj: Fakultní nemocnice Olomouc, 2018)**

Následovalo přiblížení projekce pomocí lupy, kalibrace podle šířky katetru a následné měření bulbu a junkce aorty – toto znázorňuje obrázek č. 28.



**Obrázek 27 Měření bulbu a junkce aorty pomocí kalibrace podle šířky katetru (zdroj: Fakultní nemocnice Olomouc, 2018)**

Hodnoty měření a odchylek jsou uvedeny v tabulce v příloze č.9.

#### 11.4.4 STATISTICKÉ POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Tabulka 3 Porovnání výsledků měření (BULBUS aorty)

	PRŮMĚR	SMĚRODATNÁ ODCHYLKA	P HODNOTA
CT angiografie (referenční)	34,84000	3,904373	
Bulbografie (kalibrace podle délky mezi markery katetru)	35,46526	4,120570	0,006749
Bulbografie (kalibrace podle šířky katetru)	37,33263	4,342821	0,000000
Měření laborantů FNOL	35,25779	4,322131	0,062835

Tabulka 4 Porovnání výsledků měření (JUNKCE aorty)

	PRŮMĚR	SMĚRODATNÁ ODCHYLKA	P HODNOTA
CT angiografie (referenční)	27,74737	3,277481	
Bulbografie (kalibrace podle délky mezi markery katetru)	28,73684	3,737705	0,00100
Bulbografie (kalibrace podle šířky katetru)	30,71158	3,738297	0,000000
Měření laborantů FNOL	28,34884	3,727573	0,009393

#### SHRNUTÍ MĚŘENÍ

Z uvedené statistiky v tabulkách č.3 a č.4 se bulbografie kalibrovaná podle délky mezi markery katetru velmi blíží hodnotám z referenčního CT měření, kdežto bulbografie kalibrovaná podle šířky katetru je dle očekávání již méně přesná, v průměru se liší téměř o 2 mm. V obou případech bulbografické hodnocení vůči CT nadhodnocuje délku.

Pro kontrolu bylo do tabulek zahrnuto měření laborantů, které je blízké hodnocení bulbografie kalibrované podle délky mezi markery a kterému vlastně principelně odpovídá. Zároveň se jeví jako nejpřesnější i statisticky v případě srovnání CT angiografie a měření bulbu a kořene aorty laboranty.

## DISKUZE

Z uvedených výsledků výzkumu vyplývá, že je bulbografie v současné době stále významnou metodou v diagnostice před zákrokem TAVI a v zobrazování přispívá mnoha poznatky. Vyšetření pomocí bulbografie může regulovat riziko možných komplikací, které by se při TAVI mohly projevit, a také může doplňovat výsledky z CT vyšetření. Bulbografie dokáže zobrazit vinutost a zahnutí aorty, její rozměry a uložení v hrudníku, možné kalcifikace, aneurysmata a přítomnost obstruktivní aterosklerózy, které mohou kontraindikovat TAVI. Je možné také indikovat velikost aortálního anulu, kalcifikace aortální chlopně a přítomnost aortální regurgitace. (Binder, 2013) Aortální anulus je na standardně prováděné bulbografii systematicky nadhodnocen oproti MDCT, která obecně hodnotí velikost aortálního anulu. Pokud je velikost aortálního anulu podhodnocena, může dojít ke vzniku aortální regurgitace. Vhodná náhrada aortální chlopně může být lehce větší, než je anulus, ale v případě, kdy je velikost nadhodnocena, je zde riziko ruptury anulu. (Jilaihawi, 2012)

Při bulbografii je používán ve většině případů transfemorální přístup pomocí 5 F pigtail katetru, který zobrazuje kořen aorty pomocí kontrastní látky podávané rychlostí 20 ml / s. Fluoroskopická levostranná a kaudální projekce nabízí možnost nejideálnějšího zobrazení aortální chlopně a uspořádání koronárních odstupů. Avšak pokud pacient již prošel vyšetřením pomocí CT přístroje, je možno jej doplnit bulbografií pro ortogonální pohled do aortálního anulu. Bulbografie a CT mohou společně nabídnout ideální diagnostický pohled pro úspěšnou TAVI proceduru. (Achenbach, 2012)

V této diplomové práci bylo provedeno ověření přesností měření, které nabízí bulbografie a CT vyšetření, přičemž údaje z CT vyšetření byly označeny jako referenční, protože nejsou kalibrovány. Přínos bulbografie byl prověřen dvěma způsoby u selektovaných pacientů, u kterých mohou ostatní metody včetně echokardiografie upozornit na velký kořen aorty, výrazné kalcifikace či porcelánovou aortu.

Z těchto důvodů byly stanoveny dva dílčí cíle, pomocí kterých byly porovnávány kalibrace na základě markerů a tloušťky katetru a bylo zjištěno, že hodnoty získané měřením podle tloušťky katetru jsou nadhodnocené oproti markerovanému měření.

Naopak hodnoty získané kalibrací podle délky mezi markery se velmi blíží údajům z CT měření.

Tento fakt se velmi shoduje s vybranou studií (Szmuiłowicz a kol., 2000), mezi jejíž cíle byla také zařazena angiografická měření podle markerovaného katetru a tloušťky 5 F pigtail katetru, kdy se prokázala skutečnost, že měření podle markerovaného katetru je přesnější a oproti němu kalibrace měření podle tloušťky katetru jej mírně, a to průměrně o 7 % nadhodnocuje.

Ve srovnání s další studií (Tzikas a kol., 2011) se výzkum shoduje s faktem, že kontrastní aortografie aortální anulus také mírně nadhodnocuje a mezi zobrazovacími metodami je signifikantní rozdíl.

Avšak při srovnání s referenčními hodnotami na CT měly obě bulbografická měření tendenci rozměry nadhodnocovat. Jelikož ve výzkumu byla možnost přístupu k hodnotám měření laborantů FNOL, byly porovnány s vlastním měřením a velmi se blíží hodnotám z CT a také vysoce korelují principně odpovídajícímu kalibrovanému měření pomocí vzdálenosti mezi markery katetru.

Mezi limitace výzkumu lze zařadit subjektivitu měřícího, kalibraci na malou vzdálenost u měření podle šířky katetru a možnou nezkušenost. Subjektivita měřícího spočívala v tom, že každý člověk může ohraničení vzdálenosti vidět jinak. Nejobtížněji probíhalo právě měření s kalibrací podle šířky katetru, jelikož kalibrovat na tak malou vzdálenost mohlo být nepřesné.

Výzkum může sloužit jako podklad k dalším výzkumům a zkoumání diagnostiky před TAVI.

## ZÁVĚR

Diplomová práce se zaměřuje na problematiku TAVI a zobrazovací metody, které pomáhají stanovit optimální volbu náhrady aortální chlopně, což je velmi důležitým krokem pro celkovou úspěšnost zákroku a pokud možno co nejmenší procento pooperačních komplikací pacientů. TAVI je neustále rozvíjející se metodou, která postupuje mílovými kroky kupředu v České republice i ve světě.

V teoretické části diplomové práce se rozebírá problematika stenózy aortální chlopně postihující zejména starší věkovou skupinu pacientů. Mezi problematiku stenózy aortální chlopně je zařazena také patofyziologie, etiologie, epidemiologie a na závěr prognóza. Způsoby fyzikálního a klinického vyšetření předcházejí diagnostice pomocí zobrazovacích metod, kterým se diplomová práce z velké části věnuje. Zobrazovací metody pomáhají získat více informací o problematice aortální chlopně. Stěžejními zobrazovacími metodami pro diagnostiku stenózy aortální chlopně a následný správný výběr náhrady jsou výpočetní tomografie a aortografie, kterým se věnoval následný výzkum.

Součástí praktické a výzkumné části tvoří standardizované zobrazování velikosti aortálního anulu, které může být realizováno pomocí čtyř zobrazovacích metod, jako je transesofageální EKG, MDCT, kalibrovaná BAV a bulbografie. Výzkumná část je zaměřena na samotné měření junkce a bulbu aorty pro diagnostiku velikosti samotného anulu z důvodu rozvinutí náhrady aortální chlopně. Správná diagnostika a dimenzování aortálního anulu hraje důležitou roli v úspěšném provedení TAVI a ochrany pacientů před komplikacemi. Na základě dostupných dat a informací pacientů mohl být realizován výzkum a splněny dílčí cíle včetně hypotéz.

V obou případech měření kalibrované bulbografie bylo prokázáno nadhodnocování aortálního anulu, avšak bulbografie je stále kvalitním vyšetřením a v klinické praxi může doplňovat diagnostiku z CT, ať již z důvodu zobrazení vinutí aorty, kalcifikací či aneurysmat, ale i přítomnosti aortální regurgitace. Výzkum potvrdil hypotézu, která poukázala na možnost přesnějšího měření s kalibrací podle délky mezi markery katetrů, které se v klinické praxi využívá.

## REFERENČNÍ ZDROJE

1. ADAMS DH, POPMA JJ, REARDON MJ et al. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Self-Expanding Prosthesis. *N Engl J Med*. 2014
2. ACHENBACH, Stephan, Victoria DELGADO, Jörg HAUSLEITER, Paul SCHOENHAGEN, James K. MIN a Jonathon A. LEIPSIC. SCCT expert consensus document on computed tomography imaging before transcatheter aortic valve implantation (TAVI)/transcatheter aortic valve replacement (TAVR). *Journal of Cardiovascular Computed Tomography* [online]. 2012, 6(6), 366-380, ISSN 19345925. Dostupné z: doi10.1016/j.jcct.2012.11.002
3. ALTIOK E, KOOS R, SCHRODER J, et al. Comparison of two-dimensional and three-dimensional imaging techniques for measurement of aortic annulus diameters before transcatheter aortic valve implantation. *Heart* 2011;97: 1578–84
4. BABALIAROS VC, LIFF D, CHEN EP, et al. Can balloon aortic valvuloplasty help determine appropriate transcatheter aortic valve size? *J Am Coll Cardiol Interv* 2008;1:580–6
5. BAUMGARTNER, Helmut, Volkmar FALK a Jeroen J. BAX et al., 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *European Heart Journal*. 2017, 17(38), 2739–2791
6. BERGLER-KLEIN J, KLAAR U, HEGER M, ROSENHEK R et al. Natriuretic peptides predict symptom-free survival and postoperative outcome in severe aortic stenosis. *Circulation*. 2004, 109(19), 2302-2308
7. BHATIA V, KUMAR A, TARVADE S. Prussian helmet sign: a classical angiographic sign in aortic stenosis. *Heart* 2005;91(3):338
8. BINDER RK, WEBB JG, WILLSON AB, URENA M, HANSSON NC, NORGAARD BL, et al. The impact of integration of a multidetector computed tomography annulus area sizing algorithm on outcomes of transcatheter aortic valve replacement: a prospective, multicenter, controlled trial. *J Am Coll Cardiol* 2013;62(5):431–8
9. BLANKE P, REINOHL J, SCHLENSAK C, et al. Prosthesis oversizing in balloon-expandable transcatheter aortic valve implantation is associated with contained rupture of the aortic root. *Circ Cardiovasc Interv* 2012;5:540 – 8



10. BRTKO, Miroslav, Martin TUNA, Jana RUBÁČKOVÁ POPELOVÁ, Jan VOJÁČEK, Štěpán ČERNÝ a Pavel ŽÁČEK. *Chlopenní vady*. Praha: Mladá Fronta, 2014
11. BUELLESFELD L, GERCKENS U, SCHULER G, et al. 2-year follow-up of patients undergoing transcatheter aortic valve implantation using a self-expanding valve prosthesis. *J Am Coll Cardiol* 2011;57:1650–7
12. CERILLO AG, MARIANI M, BERTI S, GLAUBER M. Sizing the aortic annulus. *Ann Cardiothorac Surg* 2012;1:245–56
13. CRIBIER A, ELTCHANINOFF H, TRON C, BAUER F, AGATIELLO C, NERCO-LINI D, TAPIERO S, LITZLER PY, BESSOU JP, BABALIAROS V. Treatment of calcific aortic stenosis with the percutaneous heart valve: Mid-term follow-up from the initial feasibility studies: The French experience. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1214–1223
14. ČERBÁK, Roman. *Nejčastější chlopenní vady: aortální stenóza a mitrální regurgitace*. Praha: Galén, 2007. *Klinická kardiologie*. ISBN 978-80-7262-523-9
15. DETAINT D, LEPAGE L, HIMBERT D, et al. Determinants of significant paravalvular regurgitation after transcatheter aortic valve: implantation impact of device and annulus discongruence. *J Am Coll Cardiol Intv* 2009;2:821–7
16. Development of transcatheter aortic valve implantation (TAVI): A 20-year odyssey. *Elsevier Masson*. 2012, 6 (105), 146—152
17. DWECK, JOSHI NV, RUDD JH, NEWBY DE. Imaging of inflammation and calcification in aortic stenosis. *Curr Cardiol Rep*. 2013, 320
18. EINARSEN E, CRAMARIUC D, LONNEBAKENN MT, et al. Comparison of frequency of ischemic cardiovascular events in patients with aortic stenosis with versus without asymmetric septal hypertrophy (from the SEAS trial). *Am J Cardiol*. 2017, 119 (7), 1082-1087
19. ELISEVICH K, CUNNINGHAM IA, ASSIS L. Size estimation and magnification error in radiographic imaging: implications for classification of arteriovenous malformations. *Am J Neuroradiol* 1995;16:531–538
20. FORTIN DF, SPERO LA, CUSMA JT, SANTORO L, BURGESS R, BASHORE TM. Pitfalls in the determination of absolute dimensions using

- angiographic catheters as calibration devices in quantitative angiography. *Am J Cardiol* 1991;68:1176–1182
21. GENEREUX P, HEAD SJ, WOOD DA, et al. Transcatheter aortic valve implantation 10-year anniversary: re-view of current evidence and clinical implications. *Eur Heart J* 2012;33: 2388 –98
  22. GOEL SS, AGARWAL S, TUCZU EM, ELLIS SG, SVENSSON LG, ZAMAN T, et al. Percutaneous coronary intervention in patients with severe aortic stenosis: implications for transcatheter aortic valve replacement. *Circulation* 2012;125(8):1005–13
  23. HEŘMAN, Miroslav. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. ISBN 978-802-4429-014
  24. HUGHES BR, CHAHOUD G, MEHTA JL. Aortic stenosis: is it simply a degenerative process or an active atherosclerotic process?. *Clin Cardiol*. 2005, 28(3),111-114
  25. CHAN KL, TEO, et al. Effect of Lipid lowering with rosuvastatin on progression of aortic stenosis: results of the aortic stenosis progression observation: measuring effects of rosuvastatin (ASTRONOMER) *Circulation*. 2010, 121 (2), 306-314
  26. CHIN D. Echocardiography for transcatheter aortic valve implantation. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:i21–9
  27. JILAIHAWI H, KASHIF M, FONTANA G, FURUGEN A, SHIOTA T, FRIEDE G, et al. Cross-sectional computed tomographic assessment improves accuracy of aortic annular sizing for transcatheter aortic valve replacement and reduces the incidence of paravalvular aortic regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2012;59(14):1275–86
  28. JOHNSON, Pamela T. a Elliot K. FISHMAN. Postprocessing Techniques for Cardiac Computed Tomographic Angiography. *Radiologic Clinics of North America*. 2010, **48**(4), 687-700. ISSN 00338389. Dostupné z: doi:10.1016/j.rcl.2010.04.004
  29. KALA, Petr a Petr NĚMEC. Perkutánní implantace chlopně aortální chlopně a studie PARTNER. *Cor et Vasa*. 2010, **2010**(11-12), 750-752.
  30. KANWAR, Amrit, Jeremy J. THADEN a Vuyisile T. NKOMO. Management of Patients With Aortic Valve Stenosis. *Mayo Clinic Proceedings* [online].

- 2018, **93**(4), 488-508 [cit. 2021-04-14]. ISSN 00256196. Dostupné z: doi:10.1016/j.mayocp.2018.01.020
31. KAPADIA, Prof Samir R, Prof Martin B LEON, Raj R MAKKAR a Prof E Murat TUZCU ET AL. 5-year outcomes of transcatheter aortic valve replacement compared with standard treatment for patients with inoperable aortic stenosis (PARTNER 1): a randomised controlled trial. *The Lancet*. Elsevier, 2015, **8**(385), 327-336
32. KASEL, Albert M. et al., Standardized Imaging for Aortic Annular Sizing. *JACC: CARDIOVASCULAR IMAGING*. 2013, **6** (2), 249-262
33. Kardiochirurgie.cz. *Kardiochirurgie* [online]. Praha: MeDitorial, 2021 [cit. 2021-01-19]. Dostupné z: <https://www.kardiochirurgie.cz/>
34. KOVAC, et al., Novel TAVI designs, *Cor et Vasa* 59 (2017) 42–50 as published in the online version of *Cor et Vasa* available at <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010865016301588>
35. LATSIOS, George, Themistoklis N. SPYRIDOPOULOS, Konstantinos TOUTOUZAS, et al. Multi-slice CT (MSCT) imaging in pretrans-catheter aortic valve implantation (TAVI) screening. How to perform and how to interpret. *Hellenic Journal of Cardiology* [online]. 2018, **59**(1), 3-7 ISSN 11099666. Dostupné z: doi:10.1016/j.hjc.2017.09.013
36. LEON, Martin B., Craig R. SMITH, Michael MACK, et al. Transcatheter Aortic-Valve Implantation for Aortic Stenosis in Patients Who Cannot Undergo Surgery. *New England Journal of Medicine* [online]. 2010, **363**(17), 1597-1607 ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMoa1008232
37. LEON, Martin B., Craig R. SMITH, Michael J. MACK, et al. Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *New England Journal of Medicine* [online]. 2016, **374**(17), 1609-1620 [cit. 2021-04-19]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMoa1514616
38. MACDONALD I, PASUPATI S. Transcatheter aortic valve implantation: know the differences between the currently available technologies. *Eur Heart J* 2010;31:1663–5
39. MACK MJ, LEON MB, SMITH CR, et al.; for the PARTNER 1 trial investigators. 5-year outcomes of transcatheter aortic valve replacement or surgical aortic valve replacement for high surgical risk patients with aortic

- stenosis (PARTNER 1): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2015, 385, 2477-2484
40. MACK, Michael J., Martin B. LEON, Vinod H. THOURANI, et al. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Balloon-Expandable Valve in Low-Risk Patients. *New England Journal of Medicine* [online]. 2019, **380**(18), 1695-1705 ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMoa1814052
41. MATES, Martin a Jan KOVÁČ. Vyšetřování nemocných před katetrizační náhradou aortální chlopně. *Intervenční a akutní kardiologie*. 2009, **8**(5), 251-254
42. MESSIKA-ZEITOUN D, SERFATY JM, Bro-chet E, et al. Multimodal assessment of the aortic annulus diameter: implications for transcatheter aortic valve implantation. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:186 –94
43. NIKNEJAD, Dr. Mohammad Taghi a Dr. Aditya SHETTY. X-ray artifacts. *Radiopaedia.org* [online]. [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://radiopaedia.org/?lang=us>
44. NISHIMURA RA, OTTO CM, BONOW RO, CARABELLO BA, ERWIN JP 3rd, Guyton RA, et al. 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*. 2014, 129 (23), 2440-2492
45. O'ROURKE, Robert A., Richard A. WALSH a Valentín FUSTER. *Kardiologie: Hurstův manuál pro praxi*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3175-9.
46. PIAZZA N, de JAEGERE P, SCHULTZ C, BECKER AE, SERRUYS PW, ANDERSON RH. Anatomy of the aortic valvar complex and its implications for transcatheter implantation of the aortic valve. *Circ Cardiovasc Interv* 2008;1:74 – 81
47. PIÉRARD, LANCELOTTI P. Stress testing in valve disease. *Heart*. 2007 Jun. 93(6), 766-72.
48. POPELOVÁ, Jana a kolektiv, Doporučené postupy pro diagnostiku a léčbu chlopněných srdečních vad v dospělosti. *Cor et Vasa*. 2007, **49**(7-8), 195-234.
49. RACEY GLEESON. Weighing TAVR vs. SAVR for Aortic Stenosis Treatment. *Michigan Health*[online]. Michigan: Regents of the University of

- Michigan, 2018 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://healthblog.uofmhealth.org/heart-health/tavr-vs-savr>
50. RAHIMTOOLA SH. Choice of prosthetic heart valve in adults an update. *J Am Coll Cardiol*. 2010, 55(22), 2413-2426
51. ROBERTS WC, VOWELS TJ, KO JM, Comparison of interpretations of valve structure between cardiac surgeon and cardiac pathologist among adults having isolated aortic valve replacement for aortic valve stenosis. *Cardiology*. 2009, 8(15), 1139-1145
52. RODRIGUES Tda R, STERNICK EB, MOREIRA Mda C. Epilepsy or syncope? An analysis of 55 consecutive patients with loss of consciousness, convulsions, falls, and no EEG abnormalities. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2010, 33(7), 804-813
53. SMITH, Craig R., Martin B. LEON, Michael J. MACK, et al. Transcatheter versus Surgical Aortic-Valve Replacement in High-Risk Patients. *New England Journal of Medicine* [online]. 2011, 364(23), 2187-2198 ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMoa1103510
54. Souhrn Doporučených postupů Evropské kardiologické společnosti pro diagnostiku a léčbu onemocnění aorty z roku 2014. *Cor et Vasa*. 2015, 57(15), 455-476
55. STASSANO et al. Aortic valve replacement: a prospective randomized evaluation of mechanical versus biological valves in patients ages 55 to 70 years. *J Am Coll Cardiol*. 2009, 54(20), 1862-1968.
56. SÚKUPOVÁ LUCIE. *Lucie Sukupová* [online]. Praha, 2013, Dostupné z: <http://www.sukupova.cz>
57. SVENSSON LG, ADAMS DH, BONOW RO, et al. Aortic valve and ascending aorta guidelines for management and quality measures. *Ann Thorac Surg*. 2013, 61-66
58. SZMUILOWICZ, E., SKLANSKY, M. S., KICIMAN, N., HILTON, S., & ROTHMAN, A. (2000). Evaluation of calibration methods for size estimation in the pediatric cardiac catheterization laboratory. *The American Journal of Cardiology*, 86(3), 313–318
59. ŠTÁSEK, Josef, Petr NĚMEC a Jiří VÍTOVEC. Summary of the 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Prepared by the

- Czech Society of Cardiology. *Cor et Vasa*[online]. 2015, **57**(4), e297-e319 [cit. 2021-7-6]. ISSN 00108650. Dostupné z: doi:10.1016/j.crvasa.2015.05.001
60. TAVI or No TAVI: identifying patients unlikely to benefit from transcatheter aortic valve implantation. *European Heart Journal*. 2016, **37**(28), 2217–2225
  61. TAYLOR J. ESC/EACTS Guidelines on the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 2012;33(19):2371–2
  62. TINTINALLI JE, KELEN GD, STAPCZYNSKI JS, eds. Valvular emergencies. 6th ed. *Emergency Medicine: A Comprehensive Study Guide*. New York: McGraw-Hill; 2004
  63. TOPS LF, WOOD DA, DELGADO V, SCHUJIF JD, MAYO JR, PASUPATI S, LAMERS FP, van der Wall EE, SCHALIJ MJ, WEBB JG, BAX JJ. Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography implications for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;:321–330
  64. TOWNSEND CM, et al. *Sabiston Textbook of Surgery*. Saunders; 2008, 1841-1844.
  65. TUZCU EM, KAPADIA SR, SCHOENHA- gen P. Multimodality quantitative imaging of aortic root for transcatheter aortic valve implantation: more complex than it appears. *J Am Coll Car- diol* 2010;55:195–7
  66. TZEMOS N, THERRIEN J, Yip J, THANASSOULIS G, TREMBLAY S, Jamorski MT, et al. Outcomes in adults with bicuspid aortic valves. *JAMA*. 2008 17(11),1317-1325
  67. TZIKAS, A., SCHULTZ, C. J., PIAZZA, N., MOELKER, A., VAN Mieghem, N. M., Nuis, R.-J., ... de Jaegere, P. P. T. (2011). *Assessment of the aortic annulus by multislice computed tomography, contrast aortography, and trans-thoracic echocardiography in patients referred for transcatheter aortic valve implantation*. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, 77(6), 868–875. doi:10.1002/ccd.22761
  68. Transcatheter Aortic Valve Replacement With the SAPIEN 3: A New Balloon-Expandable Transcatheter Heart Valve. *Elsevier Inc*. 2013, **3**(6), 293-300
  69. U.S. Food and Drug Administration. Edwards SAPIEN Transcatheter Heart Valve (THV)-P100041. Available at: <http://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/DeviceApprovalsand>

Clearances/Recently-Approved Devices/ucm280840.htm. Accessed January 4, 2013

70. VOJÁČEK, Jan a kolektiv. *Aortální nedomykavost*. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5685-1
71. ZAMAN, Sarah, Robert GOOLEY, Liam MCCORMICK, Richard HARPER a Ian T. MEREDITH. Pre - Transcatheter Aortic Valve Implantation Workup in the Cardiac Catheterisation Laboratory. *Heart, Lung and Circulation* [online]. 2015, **2015**(24), 1162–1170 [cit. 2021-7-7]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hlc.2015.07.018>
72. ZEGDI R, CIOBOTARU V, HUERRE C, ALLAM B et al. Detecting aortic valve bicuspidy in patients with severe aortic valve stenosis: high diagnostic accuracy of colour Doppler transoesophageal echocardiography. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013, 16(1), 16-20
73. ŽELÍZKO, Michael. TAVI – From patient selection to follow-up. *Cor et Vasa*. 2017, (59), 10-16

## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

**AG** angiografie

**BAV** balonková aortální valvuloplastika

**CTAG** CT angiografie

**CT** výpočetní tomografie

**EKG** echokardiografie

**FN** Fakultní nemocnice

**FNOL** Fakultní nemocnice Olomouc

**KL** kontrastní látka

**MDCT** multidetektorová výpočetní tomografie

**MIP** maximum intensity projection

**MPR** multiplanární rekonstrukce

**MRI** zobrazování magnetickou rezonancí

**MR** magnetická rezonance

**PACS** Picture Archiving and Communication System

**RTG** rentgenový

**SAVR** chirurgická náhrada aortální chlopně

**SKG** selektivní koronarografie

**TAVI** transkatetrová náhrada aortální chlopně

**TEE** transesofageální echokardiografie

**VR** volume rendering



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma porovnání variant aortální chlopně (Thota, Mookadam, 2011) ..	15
Obrázek 2 Echokardiografie aortální chlopně (PACS Fakultní nemocnice Olomouc)	
.....	24
Obrázek 3 Echokardiografie aortální chlopně II (PACS Fakultní nemocnice Olomouc)	
.....	24
Obrázek 4 Aortografie (zdroj: PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2019).....	26
Obrázek 5 Typy EKG synchronizací (Vlastimil Novák, 2009, <a href="http://zdravi.euro.cz">http://zdravi.euro.cz</a> )	27
Obrázek 6 CT aortografie (PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2019) .....	27
Obrázek 7 RTG hrudníku (PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2019).....	29
Obrázek 8 Perkutánní balonková valvuloplastika v aortální chlopni.....	32
Obrázek 9 Rossova operace (PA = pulmonální autograft, PH = pulmonální alograft)	
.....	34
Obrázek 10 Nejpoužívanější chlopeň typu Medtronic CoreValve System.....	39
Obrázek 11 Zobrazení normální anatomie aortálního anulu, RCC = pravý koronární cíp, NCC = nekoronární cíp, LCC = levý koronární cíp (Kasel, 2013), přeloženo autorem DP.....	46
Obrázek 12 Aortální anulus na TEE (Kasel, 2013).....	47
Obrázek 13 Transverzální projekce na MPR (PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2018) .....	48
Obrázek 14 Sagitální projekce na MPR (PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2018)	
.....	49
Obrázek 15 Koronální projekce na MPR (PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2018)	
.....	49
Obrázek 16 Dimenzování aortálního anulu (Kasel, 2013), upraveno autorem DP....	50
Obrázek 17 Měření aortálního anulu pomocí kalibrované balonkové .....	51
Obrázek 18 Doporučení pro výběr balonexpandabilních protéz (Kasel, 2013).....	52
Obrázek 19 Doporučení pro výběr samoexpandabilních protéz (Kasel, 2013) .....	53
Obrázek 20 Bulbografie včetně měření aortální chlopně před TAVI (PACS FNOL, 2019) .....	54
Obrázek 21 Měření úhlu pro posunutí projekce o 2 stupně kranálně (CRA 2) .....	61
Obrázek 22 Správná projekce pro změření (zdroj: PACS Fakultní nemocnice Olomouc, 2019).....	61

Obrázek 23 Změření bulbu a junkce aorty pomocí pravítka.....	62
Obrázek 25 Nástřík aorty KL a správná projekce .....	63
Obrázek 26 Vlastní měření s kalibrací .....	64
Obrázek 27 Správná projekce v naplnění aorty kontrastní látkou .....	65
Obrázek 28 Měření bulbu a junkce aorty pomocí kalibrace podle šířky katetru .....	66

## SEZNAM TABULEK


Tabulka 1 Příčiny stenózy aortální chlopně (Zdroj: Nishimura, 2014) .....	14
Tabulka 2 Základní echokardiografická kritéria (zdroj: Zegdi, 2013).....	23
Tabulka 3 Porovnání výsledků měření (BULBUS aorty) .....	67
Tabulka 4 Porovnání výsledků měření (JUNKCE aorty) .....	67

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Skupina zkoumaných pacientů a jejich procentuální zastoupení.....	57
Graf 2 Procentuální zastoupení pacientů jednotlivých letech .....	58
Graf 3 Věkové rozmezí zkoumané skupiny .....	58

# SEZNAM PŘÍLOH

## Příloha 1 Žádost o poskytnutí informací pro sběr dat

 <b>FAKULTNÍ NEMOCNICE OLOMOUC</b> I. P. Pavlova 185/6, 779 00 Olomouc Tel. 568 441 111, E-mail: <a href="mailto:info@fnol.cz">info@fnol.cz</a> IČ: 00098892	<b>ODBOR KVALITY</b>	Fm-MP-G015-05-ZADOST-001  verze č. 1, str. 1/2
--	----------------------	--

---

**Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat**

Jméno a příjmení žadatele: Vendula Molinová

Datum narození: 17.5.1996 Telefon: 608541238 E-mail: vendula.molinova@gmail.com

Kontaktní adresa: Zeyerova 2 Opava 5 747 05

Přesný název školy/fakulty: Fakulta zdravotnických věd, Univerzita Palackého Olomouc

Obor studia: Zobrazovací technologie v radiodiagnostice

Forma studia:  prezenční  kombinovaná  distanční

**Téma závěrečné práce:**  
Transkatetrová náhrada aortální chlopně (TAVI)

**Žadatel ve FNOL koná odbornou praxi:**  
 ANO na pracovišti: \_\_\_\_\_ v termínu od: \_\_\_\_\_ do: \_\_\_\_\_  
 NE

**Žadatel je zaměstnancem FNOL:**  
 ANO na pracovišti: \_\_\_\_\_  
 NE

Pracoviště FNOL dotčená průzkumem: Radiologická klinika

**Účel žádosti:**  
 sběr dat/zjišťování informací pro zpracování diplomové/bakalářské práce  
 sběr dat/zjišťování informací pro zpracování seminární/odborné práce  
 sběr dat/zjišťování informací pro jiný účel: (uveďte): \_\_\_\_\_

**Požadavek na (zaškrtněte):**  
*V případě, že žadatel potřebuje získat informaci o počtech vyšetření/ošetření a předem má souhlas konkrétního pracoviště, že tato data mu budou poskytnuta vedením tohoto pracoviště bez nutnosti jeho nahlášení do zdravotnické dokumentace pacientů, vyplní oddíl „Ostatní – statistická data“. Jinak vyplní oddíl „Nahlášení do zdr. dokumentace“.*

Dotazníková akce  pro pacienty FNOL  pro zaměstnance FNOL

Počet respondentů, kteří budou vyplňovat dotazník: \_\_\_\_\_  
Termín, kdy proběhne vyplnění dotazníků: od: \_\_\_\_\_ do: \_\_\_\_\_

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor vašeho dotazníku.

**Nahlášení do zdravotnické dokumentace**  
Předpokládaný počet kusů zdravotnické dokumentace, do které bude žadatel nahlížet: 60  
Termín, ve kterém bude žadatel nahlížet do zdravotnické dokumentace: od: 20.10.2020 do: 31.5.2021

Přesná specifikace co bude žadatel vyhledávat ve zdravotnické dokumentaci: Anonymizované výsledky vyšetření aortografických měření pomocí katetrů (markovaného a nemarkovaného), CT kontrastních vyšetření a jejich porovnávání, pohlaví, rozměry aortální chlopně pro náhradu

Při nahlášení do zdravotnické dokumentace bude do každé dokumentace vložen formulář Fm-MP-G015-05-NAHLED-001 Záznam o nahlédnutí do zdravotnické dokumentace pro účely výzkumu/studie.

Ostatní

kazuistika – počet:

vedení rozhovoru s pacientem FNOL – počet pacientů: \_\_\_\_\_

vedení rozhovoru se zaměstnancem FNOL – počet zaměstnanců: \_\_\_\_\_ povolání: \_\_\_\_\_

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor rozhovoru (orientační okruh otázek).

statistická data – informace o počtech např. zdravotnických výkonů, vyšetření, určité agendy (např. porodnost), přístrojích

jiné (specifikujte):

Za které období budou data zjišťována: \_\_\_\_\_

Kdy proběhne sběr dat žadatelem: od: \_\_\_\_\_ do: \_\_\_\_\_

Přesná specifikace co bude žadatel zjišťovat:

**Způsob zveřejnění závěrečné/seminární práce:** Práce bude zaslána na portál UPOL za autorizovaného přístupu a vyhotovena v tištěné podobě

Budete FNOL uvádět jako „zdroj dat“ ve své práci?  ANO  NE

Poučení:

Žadatel souhlasí se zpracováním jeho osobních údajů dle zásad GDPR pro účely evidence této žádosti. Zavazuje se zachovat mlčenlivost o skutečnostech, o nichž se dozví v souvislosti s prováděným výzkumem a sběrem dat/informací.

Žadatel (datum podpis):

24.3.2020 *Miloslav Špačka*

Schválil (datum podpis):

14.1.2021

Mgr. Jitka Čáhlíková, MBA  
vedoucí Odboru kvality  
Fakultní nemocnice Olomouč

**Poznámky:** Výzkum bude zahájen pouze na základě získání souhlasu s šetřením od vedení zdravotnického zařízení. Výzkum bude prováděn za přítomnosti vedoucího diplomové práce pana MUDr. Miloslava Špačka, který je zaměstnancem FNOL. Veškerá data z výzkumu budou anonymizována a nikdo další k datům nebude mít přístup.

## Příloha 2 Rozhodnutí Etické komise



Fakulta  
zdravotnických věd

UPOL-181245/1030S-2020

Vážená paní  
Bc. Vendula Molinová

2020-23-10


Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená paní bakalářko,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zasláných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem „**Transkatetrová náhrada aortální chlopně (TAVI)**“, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

**souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .**

S pozdravem,

  
Mgr. Lenka Mázalová, Ph.D.  
předsedkyně  
Etické komise FZV UP

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Fakulta zdravotnických věd  
Etická komise  
Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci  
Hněvotínská 3 | 775 15 Olomouc | T: 585 632 880  
www.fzv.upol.cz

## Příloha 3 Radiologické standardy pro CT přístroje

**Radiologické standardy pro CT přístroje**  
(Pracovní postup č. PP-MP-L019-02-05, 1. vydání ze dne 5. 5. 2015)



Příloha č. 2 PP-MP-L019-02-05-2

### Místní diagnostické referenční úrovně pro CT


VYŠETŘENÍ	PŘÍSTROJ	směrná hodnota přístroje $\bar{\text{CTDI}}_{\text{vol}}$ [mGy]	FNOL mDRÚ
CT mozku	GE VCT	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 41,55 mGy	43,43 mGy
	GE RT16	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 45,30 mGy	
CT PND	GE VCT	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 4,71 mGy	6,45 mGy
	GE RT16	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 8,18 mGy	
CT hrudníku	GE VCT	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 7,86 mGy	11,47 mGy
	GE RT16	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 15,78 mGy	
CT pankreas	GE VCT	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 26,15 mGy	27,35 mGy
	GE RT16	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 28,55 mGy	
CT břicho + pánev	GE VCT	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 27,84 mGy	31,44 mGy
	GE RT16	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 35,04 mGy	
CT hrudník + břicho + pánev	GE RT16	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 19,08 mGy	19,08 mGy
CTA DKK	GE VCT	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 8,34 mGy	8,34 mGy
CT polytrauma	GE VCT	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 21,91 mGy	21,91 mGy
CT plánování RT	GE RT16	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 13,37 mGy	13,37 mGy
CT LS páteř	GE VCT	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 22,25 mGy	35,07 mGy
	GE RT16	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$ 47,89 mGy	

Není-li tento výtisk na první straně opatřen originálními podpisy, je **NEŘÍZENOU KOPIÍ**.  
strana 1/1

Převzato z Fakultní nemocnice Olomouc



## Příloha 4 Radiologické standardy pro angiografické rtg přístroje, vyšetření před TAVI

Radiologické standardy pro intervenční (angiografické) RTG přístroje	
(Pracovní postup č. PP-MP-L019-02-06, 1. vydání ze dne 5. 5. 2015)	
	
<b>Příloha č. 2 PP-MP-L019-02-06-2</b>	
<b>2.1.8</b>	
<b>10.01.006</b>	<b>Hrudní aortografie</b>
<b>Protokol</b>	Volba ohniska, režimu a expozičních parametrů dle používaného protokolu – Cardiac Left Coronary 15 fps low SID co nejvyšší možné AERC; Pracovat vždy v režimu nízkého dávkového příkonu, k režimu vyššího dávkového příkonu přistoupit vždy pouze na vyzvu kardiologa
<b>Ochranné prostředky</b>	Ochranný štít na manipulačním závěsu z Pb-skla a Pb-gumová clona -2x, krytí pacienta, ochranné zástěry (Pb 0,3-0,5 mm), nákrčníky, případně brýle
<b>Základní strategie</b>	Angiografie hrudní aorty
<b>Rozsah vyšetření</b>	Zobrazení oblouku a descendentní části hrudní aorty včetně odstupů magistrálních tepen
<b>Projekce</b>	Projekce volí a nastavuje aplikující kardiolog
<b>ZOOM</b>	o použití ZOOM rozhodne kardiolog
<b>Kontrastní látka</b>	Vodná jodová kontrastní látka nefotropní, isoosmolární, neionická, koncentrace min. 240mg/ml aplikace tlakovým injektorem 12ml/s množství 20ml
<b>Příprava pacienta</b>	Dle směrnice Sm – L032
<b>Postup výkonu</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pacient uložen vleže na zádech, levou paži v upažení. Poučen, aby se při vyšetření minimálně hýbal a řídil se pokyny kardiologa.</li> <li>2. Napojení pacienta na monitor vitálních funkcí.</li> <li>3. Zajištění periferní žilní kanyly (SOP-L015-K01/PŽK)</li> <li>4. Desinfekce a sterilní zarouškování kardiologem indikovaného místa přístupu</li> <li>5. Po provedení selektivní koronarografie a event.levostranné ventrikulografie je diagnostický katetr umístěn do požadovaného úseku hrudní aorty následuje připojení tlakového injektoru na katetr.</li> <li>6. Po povělu pacientovi „nadechnout se nedýchat a nehýbat se“ následuje spuštění přednastaveného programu akvizice vyšetření a samotná aplikace jodové kontrastní látky injektorem. Doba trvání sekvence určí kardiolog.</li> <li>7. Vytažení zaváděcího pouzdra z přístupové tepny a její následná komprese, délku a způsob komprese určí kardiolog.</li> <li>8. Sestra dle indikace lékaře vyplní odpovídající formulář s vyznačením následné péče o pacienta po výkonu (FM-L009-008-1IK-004 - Seznam použitých přístrojů - Koronární katetrizační sál; FM-L009-040-1IK-004 - Protokol o kardiointervenčním výkonu; FM-L009-040-1IK-018 - Protokol po katetrizačním kardiointervenčním výkonu)</li> </ol>

Převzato z Fakultní nemocnice Olomouc

## Příloha 5 Radiologické standardy pro angiografické rtg přístroje, TAVI

### Radiologické standardy pro intervenční (angiografické) RTG přístroje

(Pracovní postup č. PP-MP-L019-02-06, 1. vydání ze dne 5. 5. 2015)



#### Příloha č. 2 PP-MP-L019-02-06-2

2.1.11

	Katetrizační implantace aortální chlopně (TAVI)
<b>Protokol</b>	Volba ohniska, režimu a expozičních parametrů dle používaného protokolu – Cardiac Left Coronary 15 fps low SID co nejvyšší možné
<b>Ochranné prostředky</b>	AERC; Pracovat vždy v režimu nízkého dávkového příkonu, k režimu vyššího dávkového příkonu přistoupit vždy pouze na výzvu kardiologa Ochranný štít na manipulačním závěsu z Pb-skla a Pb-gumová clona -2x, krytí pacienta, ochranné zástěry (Pb 0,3-0,5 mm), nákrčníky, případně brýle
<b>Základní strategie</b>	Implantace aortální chlopně
<b>Rozsah vyšetření</b>	Zobrazení bulbu a ascendentní části hrudní aorty
<b>Projekce</b>	Projekce volí a nastavuje aplikující kardiolog
<b>ZOOM</b>	o použití ZOOM rozhodne kardiolog
<b>Kontrastní látka</b>	Vodná jodová kontrastní látka nefrotropní, isoosmolární, neionická, koncentrace min. 240mg/ml podávaná ručně
<b>Příprava pacienta</b>	Dle směrnice Sm – L032
<b>Postup výkonu</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pacient uložen vleže na zádech, levou paži v upažení. Poučen, aby se při vyšetření minimálně hýbal a řídil se pokyny kardiologa.</li> <li>2. Napojení pacienta na monitor vitálních funkcí.</li> <li>3. Zajištění periferní žilní kanyly (SOP-L015-K01/PŽK)</li> <li>4. Desinfekce a sterilní zarouškování kardiologem indikovaného místa přístupu</li> <li>5. Po provedení angiografie bulbu aorty je diagnostický katetr vyměněn sheat a perkutální vaskulární uzavírací systém.</li> <li>6. Průnik vodičem přes stenotickou aortální chlopně</li> <li>7. Pozice a zavedení vodiče je kontrolováno skiaskopicky</li> <li>8. Dilatace aortální chlopně valvuloplastickým balónkem za rychlé stimulace srdečních komor.</li> <li>9. Implantace chlopně.</li> <li>10. Kontrolní angiografie bulbu aorty a následné měření tlakových gradientů</li> <li>11. Vytážení zaváděcího pouzdra z přístupové tepny a její následná komprese, délku a způsob komprese určí kardiolog.</li> <li>12. Sestra dle indikace lékaře vyplní odpovídající formulář s vyznačením následné péče o pacienta po výkonu (FM-L009-008-1IK-004 - Seznam použitých přístrojů - Koronární katetrizační sáí; FM-L009-040-1IK-004 - Protokol o kardiointervenčním výkonu; FM-L009-040-1IK-018 - Protokol po katetrizačním kardiointervenčním výkonu)</li> </ol>

Převzato z Fakultní nemocnice Olomouc

## Příloha 6 Radiologické standardy pro angiografické rtg přístroje, protokol

Radiologické standardy pro CT přístroje  
(pracovní postup č. PP-MP-L019-02-05, 1. vydání ze dne 5. 5. 2015)



Příloha č. 1 PP-MP-L019-02-05-1

4 KARDIOLOGIE  
4.1 Angiografie aortální chlopně – ASA

Angiografie aortální chlopně - ASA		
a)	<b>Indikace</b>	Vyšetření ascendentní aorty a stanovení rozměru a stenozy aortální chlopně.
b)	<b>Kontraindikace</b>	Relativní: gravidita (provedení jen u závažných stavů), laktace, obezita, nespoupráce pacienta.
c)	<b>Příprava pacienta</b>	<b>Základní:</b> viz směrnice FNOL č. Sm-L032 <b>Vyplněný a podepsaný informovaný souhlas!</b>
d)	<b>Podání KL i. v.</b>	<b>Typ, koncentrace:</b> neionická, 370 - 400 mg J/ml <b>Množství:</b> 70 ml (nebo dle váhy) + proplach 40 ml FR <b>Způsob podání:</b> tlakový injektor <b>Rychlost podání:</b> 4 ml/s KL, 3,5 ml/s FR <b>Zpoždění zahájení skenování:</b> dle Smart Prep ve vzestupné aortě po dosažení stanovené Enhancement Threshold 120 HU
e)	<b>Poloha pacienta</b>	Vleže na zádech nohama směrem do gantry, ruce volně položeny za hlavou. Napojen na EKG CT přístroje pro možnost synchronizace – gatingu. Zajištěn venózní přístup – kanyla 18 - 20G.
f)	<b>Centrace (pozice centrovacích laserů)</b>	<b>AP:</b> na jugulum <b>Bočný:</b> do poloviny ventrální části hrudníku
g)	<b>Strategie vzhledem k podání KL i. v.</b>	Nativní a kontrastní sken
h)	<b>Akvizice CT – nativní smart score (kalciové scóre)</b>	<b>Topogram:</b> bočný a předozadní <b>Rozsah vyšetřované oblasti:</b> od oblouku aorty pod stín srdeční <b>Vyšetřovací rovina:</b> axiální <b>Směr skenování:</b> kraniokaudální <b>Instrukce pacientovi:</b> vydechnout a nedýchat
i)	<b>Akvizice CT – kontrastní angiografie srdce - koronarografie</b>	<b>Rozsah vyšetřované oblasti:</b> v potřebném rozsahu daného radiologem a požadavkem ošetřujícího lékaře <b>Vyšetřovací rovina:</b> axiální <b>Směr skenování:</b> kraniokaudální <b>Instrukce pacientovi:</b> vydechnout a nedýchat
j)		
k)	<b>Akviziční parametry</b>	Nastavené ve vyšetřovacích protokolech v CT přístroji: ASA-AORTALNI CHLOPEN
l)	<b>DRÚ</b>	viz příloha č.2 PP-MP-L019-02-05



**Příloha č. 1 PP-MP-L019-02-05-1**

m)	<b>Rekonstrukce - postkontrastně</b>	R2 <u>Šíře vrstvy:</u> 0,625 mm <u>Interval:</u> 0,625 mm <u>Recon type:</u> STANDARD Start Phase 75%, End Phase 75%, Phase Increment 0%
n)	<b>Zpracování studie</b>	Filtrovaná zpětná projekce + iterativní rekonstrukce
o)	<b>Reformát - postkontrastně</b>	-

Převzato z Fakultní nemocnice Olomouc

Příloha 7 Vlastní měření z CT angiografie

PACIENT	Bulbus (CT měření)	Junkce (CT měření)	PACIENT	Bulbus (CT měření)	Junkce (CT měření)
1.	36,3	32,6	48.	34,3	28,6
2.	41,3	27,7	49.	34,9	26,2
3.	41,4	31,4	50.	41,2	32,6
4.	32	23	51.	39,8	28,5
5.	35,8	28,3	52.	36,4	28,8
6.	35,3	25	53.	37,3	28,5
7.	30,2	25,4	54.	42,9	37,7
8.	28,8	24	55.	40,8	31,3
9.	32,2	26,4	56.	31,1	25,8
10.	28,8	24,5	57.	29,6	22,7
11.	35,2	27,9	58.	35,6	27,4
12.	38,7	27,5	59.	34,7	24,8
13.	33,5	25,5	60.	35,2	28,4
14.	31,3	27,6	61.	41,5	35
15.	38,3	31,7	62.	43,1	35,5
16.	35,5	32,9	63.	33,2	25,7
17.	32,7	28,7	64.	39,8	26,6
18.	35	26,4	65.	35,8	27,6
19.	36,2	26,9	66.	35,6	32
20.	31,1	27	67.	27,2	23,4
21.	35,1	28,4	68.	32,7	26,8
22.	39,2	30,4	69.	36,4	24,9
23.	31	22	70.	33,5	24
24.	30,3	25,2	71.	40,4	31,7
25.	32,3	25,4	72.	31	29,4
26.	30,4	23,3	73.	37,6	24,4
27.	30,5	28,5	74.	28,9	22,8
28.	32	30,3	75.	36,3	30,2
29.	35,4	31,7	76.	31,5	27,2
30.	38,5	28,7	77.	34,8	30,3
31.	31,3	26,2	78.	30,2	25,9
32.	39,5	33,2	79.	30	25,2
33.	32,5	26,6	80.	30,4	25,9
34.	33,1	25,3	81.	40,4	35,5
35.	33,8	27,4	82.	35,6	27
36.	38,7	34,3	83.	43,3	30,2
37.	37,1	25	84.	30,3	23
38.	30,8	24,4	85.	30,9	25,2
39.	41,9	30,5	86.	32,4	28,5
40.	35,3	27,4	87.	41,4	29,3
41.	35,5	31,9	88.	35,1	25,8
42.	35,3	26,7	89.	36,3	28,4
43.	28,9	23,9	90.	40,1	30,9
44.	39,8	29,2	91.	34,8	26,2
45.	35,3	29,4	92.	32,3	23,7
46.	33	31,2	93.	32,3	25,3
47.	30,5	23,7	94.	31,2	24,6
			95.	33,1	26

Příloha 8 Měření kalibrované podle délky mezi markery katetru

PACIENT	Bulbus (podle délky)	Junkce (podle délky)	PACIENT	Bulbus (podle délky)	Junkce (podle délky)
1.	32,3	30,6	48.	37	31,2
2.	42,1	28,9	49.	38,1	28,9
3.	42,6	33,9	50.	41	35,5
4.	36,3	27,3	51.	40,6	31,5
5.	38,4	31,5	52.	38,6	30,5
6.	34,5	25,3	53.	37,4	28,5
7.	30,8	26,6	54.	39,9	37,2
8.	29,6	23,6	55.	42,3	35,8
9.	33,3	27,1	56.	34,1	27,4
10.	30	24,2	57.	31,5	28,4
11.	35	28,9	58.	36	27,6
12.	42,1	32,5	59.	33,8	26,3
13.	33,4	25,7	60.	33,1	26,3
14.	32,8	26,1	61.	39,1	31,8
15.	37,6	32,3	62.	41,6	35,3
16.	37,1	30,9	63.	35,3	27,7
17.	33,3	30,3	64.	42,4	39,8
18.	34,6	25,9	65.	35,7	30,4
19.	41	28,7	66.	36,5	31,3
20.	29,7	25,7	67.	30	25,7
21.	32,2	27	68.	30	27,3
22.	38,8	30,6	69.	37,1	27,3
23.	34,4	26,5	70.	32,9	23,3
24.	30,6	22,5	71.	39	31,4
25.	32,1	25,4	72.	33,5	30,3
26.	30	23,4	73.	34,9	25,7
27.	33	31,7	74.	29,7	23
28.	34,7	30,7	75.	34,4	28,7
29.	44,2	42,1	76.	33,1	28,5
30.	34,7	27,2	77.	36,8	33,3
31.	29,2	25,6	78.	33,9	25,3
32.	41,8	34,7	79.	28,5	26,7
33.	31,9	26,8	80.	34,9	26,8
34.	33,2	26,5	81.	45,4	36
35.	35,6	28,2	82.	36,6	27,9
36.	39,3	34,2	83.	40	29,8
37.	35,8	29,1	84.	30,3	22,7
38.	29,8	24,4	85.	33	25,7
39.	42,5	33	86.	33,3	28,2
40.	34,1	26,9	87.	40	30,3
41.	35,7	28,4	88.	33,4	24,6
42.	38,8	28,8	89.	36,5	29,5
43.	28,8	26	90.	45,8	30,9
44.	39,8	29,2	91.	33,8	27
45.	34,9	31,1	92.	33	24
46.	32	29,8	93.	34,1	26,5
47.	30,3	23,5	94.	30,5	25,1
			95.	36,1	27,8

Příloha 9 Měření kalibrované podle šířky katetru

PACIENT	Bulbus (podle šířky)	Junkce (podle šířky)	PACIENT	Bulbus (podle šířky)	Junkce (podle šířky)
1.	36,7	32,6	48.	37,7	29,6
2.	41,1	28	49.	38,4	30,5
3.	48,8	38	50.	46,1	37,6
4.	34	26,4	51.	43,3	33,6
5.	35,2	29	52.	37,7	32,9
6.	39,3	28,7	53.	35,5	28
7.	33,1	28,1	54.	39,7	38,5
8.	29	24,6	55.	41,7	35,5
9.	36,2	29,1	56.	37,9	29,3
10.	35,3	28,4	57.	35,4	29,2
11.	36,9	30,8	58.	34,7	30,2
12.	46,6	35,4	59.	37,1	30,5
13.	35,9	26,9	60.	33,1	25,1
14.	33,2	27,3	61.	42,2	35,3
15.	39	33,2	62.	45,1	37,1
16.	41,3	35,3	63.	35	30,9
17.	36,7	34,8	64.	41,1	27,9
18.	37,5	27,5	65.	36,4	27,3
19.	44,5	31,3	66.	36	34,3
20.	31,1	26,8	67.	32,2	27,6
21.	31,8	28,5	68.	36,6	28,7
22.	38,3	37,4	69.	38,5	30,7
23.	34,2	29	70.	36,4	26,2
24.	31,4	23,1	71.	43	35,7
25.	35,3	27,7	72.	36,3	30
26.	34,8	26,9	73.	38,1	25,9
27.	38,1	37,2	74.	34,8	26,2
28.	41,2	36,2	75.	35,4	32,8
29.	33,7	32	76.	36,4	33,8
30.	39,4	30,1	77.	36,1	31,9
31.	37,5	31,4	78.	33,9	28,2
32.	41,4	33,1	79.	28,3	25,1
33.	35,1	29,8	80.	32	28,1
34.	36,3	30,2	81.	47,4	38,8
35.	29,7	35,3	82.	26,3	38,3
36.	41,2	35	83.	44,7	32,7
37.	37,1	29,3	84.	32,2	27,4
38.	35,7	24,3	85.	35,4	27,2
39.	43,6	31,1	86.	35,6	29,5
40.	41,3	32,6	87.	43	33,4
41.	36,7	31,8	88.	37,3	30,7
42.	39,5	28,3	89.	42,2	35,1
43.	32,3	29,6	90.	46	33,7
44.	43	31,3	91.	37,6	29,9
45.	38,4	35,4	92.	35,1	24,3
46.	35,1	31,4	93.	35,5	28,2
47.	33,5	24,9	94.	33,2	28,3
			95.	36	30,8

Příloha 10 Měření laborantů FNOL

PACIENT	Bulbus (FNOL)	Junkce (FNOL)	PACIENT	Bulbus (FNOL)	Junkce (FNOL)
1.	33,5	30,4	48.	35,2	28,2
2.	39,9	27,1	49.	35,9	27,7
3.	42,2	33,2	50.	42,9	35,6
4.	39,1	31	51.	40	31,05
5.	36,6	30,8	52.	36,4	29,4
6.	37	25,8	53.	33,7	24,7
7.	29,3	25	54.	40,6	35,5
8.	30,74	25,2	55.	44,5	37,3
9.	35,1	27,1	56.	35,2	27,2
10.	31,3	25	57.	30,6	23,7
11.	36,5	30,7	58.	34,3	26,9
12.	40,7	32,9	59.	35,1	27,7
13.	34,8	26,8	60.	29,9	23
14.	33,4	27,2	61.	40,1	32,5
15.	37	31,8	62.	42	33,2
16.	37,8	32,9	63.	33,3	26,4
17.	35,6	32,8	64.	42	28,9
18.	35,4	26,7	65.	33,7	28,1
19.	41,5	29,2	66.	33,6	31,8
20.	28,3	24,1	67.	25	20,9
21.	34	30,4	68.	31	26,1
22.	37,9	31,1	69.	36,1	26,6
23.	32,2	24,3	70.	32,2	22,6
24.	29,6	22,1	71.	40,8	33,6
25.	31,35	25,31	72.	33,3	28,2
26.	30,4	23,9	73.	36,1	26,6
27.	34,5	32,65	74.	30,7	23,7
28.	34,8	31,03	75.	33,5	28,2
29.	40,8	37	76.	33,7	28,5
30.	37,8	29,3	77.	36,1	31,2
31.	29,8	25,1	78.	30,2	24,9
32.	40,3	34,3	79.	27,9	24,1
33.	33,6	24,9	80.	33,9	25,4
34.	33,2	27,7	81.	43,8	34,6
35.	32,8	27,2	82.	35,8	25,7
36.	38,6	34,3	83.	43,4	31,7
37.	33,9	27,2	84.	30	23
38.	29,3	22,7	85.	31,6	24,6
39.	44,9	34,6	86.	31,4	27,3
40.	37,3	30,1	87.	40,2	30,9
41.	33,6	27,6	88.	35,2	26,2
42.	37,3	26,8	89.	40,6	32,7
43.	29,9	25,3	90.	44,1	33,1
44.	39,4	29,3	91.	33,6	26,6
45.	35,1	31,3	92.	33,7	24,7
46.	33,3	29,4	93.	32,4	25,4
47.	28,3	22,6	94.	30,6	27,4
			95.	33,9	26,6