

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD
Ústav radiologických metod

Markéta Gerčicová

Využití zobrazovacích metod u katetrizační metody TAVI
Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Ivana Bokůvková

Olomouc 2023

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

Olomouc 18. dubna 2024

Markéta Gerčicová

Chtěla bych vyjádřit mé upřímné poděkování paní Mgr. Ivaně Bokůvkové za podporu, odborné vedení a cenné rady během zpracování mé bakalářské práce. Jsem vděčná za čas a energii, kterou jste investovala do mé práce a mého rozvoje. Dále bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za neustálou podporu a povzbuzení během studia.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Zobrazovací metody v invazivní kardiologii

Název práce v CJ: Využití zobrazovacích metod u katetrizační metody TAVI

Název práce v AJ: Use of imaging methods in TAVI

Datum zadání: 2023-11-30

Datum odevzdání: 2024-04-19

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Gerčicová Markéta

Vedoucí práce: Mgr. Ivana Bokůvková

Oponent práce: Ing. Lenka Strouhalová

Abstrakt v ČJ:

Tato bakalářská práce se zabývá komplexní analýzou transkatetrové aortální implantace (TAVI). Jedná se o minimálně invazivní zákrok pro léčbu pacientů s aortální stenózou. Bakalářská práce je rozčleněna do dvou dílčích cílů. V prvním z nich je představena historie TAVI, od jejich počátků až po současnou roli v kardiologické praxi. Druhý cíl se zabývá zobrazovacími metodami, které jsou nepostradatelnou součástí celé procedury. Niž uvedené informace byly čerpány z ověřených databází EBSCO, PubMed, Google Scholar. Práce zdůrazňuje význam TAVI jako přelomové metody v léčbě aortální stenózy a poukazuje na její rostoucí roli v moderní kardiologii.

Abstrakt v AJ:

This bachelor's thesis deals with a comprehensive analysis of the Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI) procedure. It is a minimally invasive operation for treating patients with aortic stenosis. The bachelor's thesis is divided into two specific objectives. The first introduces the history of TAVI, from its beginnings to its current role in cardiological practice. The second objective addresses imaging methods, which are an indispensable part of the entire

procedure. The information provided was sourced from verified databases such as EBSCO, PubMed, BookPort, and Google Scholar. The thesis highlights the significance of TAVI as a groundbreaking method in the treatment of aortic stenosis and points to its growing role in modern cardiology.

Klíčová slova v ČJ: TAVI, zobrazovací metody, plánování, aortální stenóza

Klíčová slova v AJ: TAVI, imaging methods, planning, aortic stenosis

Rozsah práce: 48 stránek

Obsah

ÚVOD.....	7
1 POPIS REŠERŠNÍ ČINNOSTI.....	9
2 HISTORIE.....	13
3 ZOBRAZOVACÍ METODY	17
3.1 Echokardiografie.....	17
3.2 Rentgenový snímek.....	19
3.3 Výpočetní tomografie	19
3.4 CT angiografie	20
3.5 Magnetická rezonance.....	22
3.6 Fluoroskopie, digitální angiografie a digitální substrakční angiografie	23
3.7 Selektivní koronarografie.....	24
4 SOUČASNÉ VYUŽITÍ A PRŮBĚH TAVI.....	27
4.1 Indikace.....	27
4.2 Výběr a komplexní péče o pacienta	27
4.4 Komplikace	32
ZÁVĚR.....	37
REFERENČNÍ SEZNAM.....	39
SEZNAM ZKRATEK	47

ÚVOD

Aortální stenóza (AS) představuje nejčastější formu srdeční vady vyskytující se ve vyspělých zemích. Dochází při ní k obstrukci výtokového traktu levé komory, což se projevuje bolestmi na hrudi, dušností, únavou a celkovým zhoršením kvality života. AS trpí zhruba 2-5% starší populace, nejčastější postiženou skupinou bývají pacienti starší 75 let. Podle posledních průzkumů se dvanáctiměsíční úmrtnost, u pacientů léčených pouze medikamenty, odhaduje na více než 30 % (Indraratna et al.,2014).

Chirurgická náhrada aortální chlopně (SAVR) dlouho představovala standart péče pro pacienty trpící symptomatickou AS. Objev transkatetrové implantace aortální chlopně (TAVI), který umožňuje perkutánní nebo transapikální přístup, přinesl alternativní léčebnou možnost pro vybranou skupinu pacientů (Indraratna et al.,2014).

Studie z roku 2022 nám potvrzuje, že TAVI metoda má v porovnání se SAVR lepší výsledky. Rok po provedení TAVI zákroku ukázalo ambulantní sledování pacientů, ve srovnání s chirurgickou náhradou chlopně, nižší výskyt pooperačních komplikací, sníženou míru mortality a rychlejší rekonvalescenci (Chotnoppharatphatthara et al., 2023).

Cílem bakalářské práce bylo sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky týkající se transkatetrové implantace aortální chlopně. Cíl práce je specifikován v dílčích cílech:

1. Sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o vývoji transkatetrové náhrady aortální chlopně.
2. Sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o zobrazovacích metodách u transkatetrové náhrady aortální chlopně.
3. Sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o současném využití transkatetrové náhrady aortální chlopně a průběhu samotné procedury.

Vstupní studijní literatura

Bulava, A. (2017). *Kardiologie pro nelékařské zdravotnické obory*. Grada Publishing.

Adámková, V. (2016). *Hodnocení vybraných metod v kardiologii a angiologii pro praxi*. Grada Publishing.

Dominik, J. (2008). *Chirurgie srdečních chlopní: (--nejen pro kardiochirurgy): ve 200 vyobrazeních*. Grada.

Vojáček, J., Žáček, P., Dominik, J., Anderson, R. H., Arabkhani, B., Bělobrádek, Z., Brtko, M., Burkert, J., Di Centa, I., El-Hamamsy, I., Holubec, T., Lansac, E., Morgant, M. -C., Mori, S., Mureşian, H., Solař, M., Spicer, D. E., Špatenka, J., Takkenberg, J. J. M., et al. (2016). *Aortální nedomykavost*. Grada Publishing.

Eisenberger, M., Bulava, A., Fiala, M., Anderson, R. H., Arabkhani, B., Bělobrádek, Z., Brtko, M., Burkert, J., Di Centa, I., El-Hamamsy, I., Holubec, T., Lansac, E., Morgant, M. -C., Mori, S., Mureşian, H., Solař, M., Spicer, D. E., Špatenka, J., Takkenberg, J. J. M., et al. (2012). *Základy srdeční elektrofyzologie a katéetrových ablací*. Grada.

1 POPIS REŠERŠNÍ ČINNOSTI

VYHLEDÁVACÍ KRITÉRIA:

- **Klíčová slova v ČJ:** TAVI, zobrazovací metody, plánování, aortální stenóza
- **Klíčová slova v AJ:** TAVI, imaging methods, planning, aortic stenosis
- **Jazyk:** český, anglický
- **Období:** 2014-2024
- **Další kritéria:** recenzovaná periodika, plný text



DATABÁZE:

PubMed, EBSCO, Google Scholar



Nalezeno 654 dokumentů



Vyřazující kritéria:

- Duplicitní články
- Kvalifikační práce
- Články, které neodpovídaly cílům práce



Sumarizace použitých databází a dohledaných dokumentů:

PubMed- 25
GoogleScholar-15
EBSCO-7



SUMARIZACE DOHLEDANÝCH PERIODIK A DOKUMENTŮ

CTSNNet	1 článek
The Egyptian Heart Journal	1 článek
Current Cardiology Reviews	1 článek
Frontiers in Cardiovascular Medicine	1 článek
Circulation: Cardiovascular Interventions	1 článek
European Heart Journal Supplements	1 článek
Interv Akut Kardiol	1 článek
Basic to Translational Science	1 článek
Journal of Cardiovascular Development and Disease	1 článek
International Journal of Cardiology	1 článek
World Journal of Cardiology	1 článek
Archives of Cardiovascular Diseases	1 článek
Journal of the American Heart Association	1 článek
Netherlands Heart Journal	1 článek
Circulation: Cardiovascular Imaging	1 článek
EuroIntervention	1 článek
European Radiology	2 články
Methodist DeBakey cardiovascular journal	1 článek
The European Journal of Health Economics	1 článek
Journal of geriatric cardiology : JGC	1 článek
The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery	1 článek
Cardiology Journal	1 článek
Cor et Vasa	1 článek
Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance	1 článek

SUMARIZACE DOHLEDANÝCH PERIODIK A DOKUMENTŮ

Insights into Imaging	1 článek
Journal of Clinical Medicine	1 článek
Hellenic Journal of Cardiology	1 článek
Archives of Cardiovascular Diseases	1 článek
Heart	1 článek
Cardiovascular Diagnosis and Therapy	1 článek
European Journal of Radiology	1 článek
Frontiers in Cardiovascular Medicine	1 článek
World Journal of Cardiology	1 článek
StatPearls	1 článek
Circulation	2 články
Journal of Cardiovascular Computed Tomography	1 článek
Cardiovascular Revascularization Medicine	1 článek
Journal of Thoracic Disease	1 článek
Circulation: Cardiovascular Interventions	1 článek
RöFo	1 článek
Úloha prostého snímku hrudníku v kardiologii	1 článek
JACC: Basic to Translational Science	1 článek
Kardiologie	1 článek
Interní medicína pro praxi	1 článek
JACC: Cardiovascular Interventions	1 článek
Journal of the American Heart Association	1 článek
European Heart Journal	1 článek
Journal of Cardiovascular Development and Disease	1 článek



**Pro tvorbu bakalářské práce bylo použito
47 dohledaných dokumentů a 3 knihy**

2 HISTORIE

Transkatetrová implantace aortální chlopně je poměrně mladá metoda, která se začala rozvíjet na počátku 20. století. Problematikou léčby chlopenních vad aorty se lékaři zabývali už od roku 1913, kdy Theodore Tuffier provedl první operaci AS v nemocnici la Pitié v Paříži. Jeho cílem bylo provést tomii zúžené chlopně, nakonec však zvolil digitální dilataci. Důvodem pro změnu plánu bylo to, že tomie chlopně by mohla být technicky obtížná a riskantní. Digitální dilatace, která zahrnovala použití prstů k manuálnímu roztahování ztuhlých chlopní, představovala méně invazivní a potenciálně bezpečnější alternativu. V roce 1957 se Waltonu Lillehei podařilo první intrakardiální náhrada aortální chlopně za pomoci plastové protézy. První úspěšná implantace chlopenní protézy, jejíž indikací byla aortální regurgitace, byla provedena v roce 1960 chirurgem Dwightem Harkenem (Modine et al., 2022).

Studie z roku 2022 uvádí kazuistiku provedení první aortální balónkové valvuloplastiky (BAV) v roce 1985. Ta byla úspěšně provedena 72leté ženě, která i přes své závažné symptomy zákrok dlouho odmítala. Celý zákrok proběhl bez komplikací až na výchylku transvalvulárního gradientu, který představuje rozdíl tlaku chlopně během jednoho srdečního cyklu. U pacientky se neobjevily žádné další příznaky, tudíž se mohla navrátit ke svému běžnému životu. Po tomto zákroku došlo během několika let k rozvoji BAV po celém světě. Ukázalo se však, že se nejedná o dlouhodobé řešení kvůli vzniku časné restenózy chlopně (Cribier, 2022).

V únoru 1989 se Henning Andersen nechal inspirovat přednáškou Julia Palmaze o vývoji koronárních stentů. Chtěl zkusit vložit biologickou chlopeň do velkého stentu a implantovat ji balónkovou dilatační technikou, která byla podobná technice implantace stentů popsané Palmazem. Anderson se pustil do výroby stentu o průměru 30 mm pomocí kovových drátů, do kterých následně vložil prasečí aortální chlopeň. Celá souprava byla následně zavedena do 41 F velkého zaváděcího sheathu. První pokus TAVI provedl na osmdesáti kilovém praseti 1. května 1989. V té době se jednalo pouze o minimálně invazivní TAVI. Lékaři provedli laparotomii břišní dutiny prasete, aby se dostali k břišní aortě a zároveň získali prostor pro umístění konce cévního štěpu na stranu aorty. Tím vytvořili prostor pro umístění velkého štěpu a zavedení 75 cm dlouhého, 41 F zaváděcího sheathu do břišní aorty retrográdním způsobem (Andersen, 2021).

První úspěšná implantace spustila řadu dalších pokusů. Stávalo se, že prase zahynulo před zahájením katetrizace, z důvodu rozsáhlého krvácení během břišní operace. V některých případech došlo k okluzi koronárních cév a občas i k ruptuře balónku, což bylo způsobeno použitím použitých a tuhých balónků. Aortální anulus prasete byl většinou větší než samotné

použité balónky, což zapříčinilo uvolnění chlopně a došlo k její embolizaci. Jindy mohl insuflovaný katérový balónek i s dilatovanou chlopní být vlivem proudu krve zatlačený do ascendentní aorty. Proto se tehdy muselo dbát na samotnou velikost prasete, jelikož nebylo možné implantovat chlopeň libovolně velkému praseti, při omezeném výběru instrumentária. Opakovanými pokusy se potvrdilo, že velikost katetrů a pokusných prasat je zapotřebí korelovat. Díky jednomu nezdařilému případu, kdy student medicíny upevnil chlopeň obráceně, byla vynalezena nová katérová technika. Lékaři využili dva poměrně měkké katetry do močového měchýře s délkou 12 F a nafukovacím balónkem o průměru 40 mm, které se spojily. Za pomoci pravé srdeční katetrizace a Swan-Ganzovy techniky katetr zavedli do plicního kmene s nafouknutým balónkem. Tím zabránili průtoku krve do plic a srdce. Chlopeň mohla být následně implantována bez rizika vzniku distální embolizace (Andersen, 2021).

Andersen 19. května 1990 předstoupil před Dánskou kardiologickou společnost reprezentovat vynález TAVI. Jeho práce nesklidila velký úspěch na kongresu ESC ve Švédsku ani u Journal of the American College of Cardiology a Circulation. Až o dva roky později European Heart Journal jeho myšlenky přijala a publikovala dál. Článek ale nezbudil moc velkou pozornost. Pokud chtěl Andersen své dílo dále rozvíjet, musel zajistit přízeň průmyslu a finanční podporu z jiné strany. To se mu nedařilo, jelikož se našla řada lékařů, která s ním nesouhlasila a uvedla plno důvodů proti (de Jaegere et al., 2020).

Alain Cribier se pokoušel najít jiná řešení, které by tuto situaci vyřešila. Vycházel z BAV, kde bylo prokázáno, že roztažený balón je schopný vzniklé kalcifikace utlačit na stranu. Tuto informaci využil a věřil, že by vysoce odolný balon-expandibilní stent dokázal udržet chlopeň otevřenou a zároveň by degenerovaná nativní chlopeň mohla sloužit jako ukotvení stentu. I přes nepřízeň negativních komentářů se rozhodl spolu s kolegy – Helene Eltchaninoff a René Koning, této myšlence nadále věnovat. Vytvořili sérii 23 mm balon-expandibilních Palmazových stentů, které využili u čerstvých vzorků kalcifikované aortální stenózy. Cílem bylo ověřit možnost použití stentu tak, aby zajistil funkčnost aortální chlopně a zároveň zabránil poškození okolních struktur. I když se jim v univerzitní laboratoři potvrdily jejich myšlenky, se kterými mimo jiné souhlasil i americký patolog Renu Virmani, stále se jim nedařilo přesvědčit biomedicínskou společnost a jejich názory byly odmítány (Cribier, 2022).

První experiment byl proveden v roce 1994. Spolu s kardiochirurgem Dr. Bessou se snažili koncipovat stent tak, aby jej bylo možné zavést přes stehenní tepnu. Stanton Rowe s touto myšlenkou souhlasil, proto se jí snažil ve společnosti Jonson&Jonson (JJ) prosadit. Ta následně získala povolení k uskutečnění Cribierových nápadů. Jelikož společnost JJ byla v té době uprostřed krize, nebyla je schopna podpořit. Proto se rozhodl spolu se Stantonem Rowem

a Stanem Rabinovichem založit společnost vlastní, a to Percutaneous Valve Technologies Inc (PVT) 21.července 1999. Klíčové pro ně bylo setkání s izraelskou společností ARAN R&D, která byla ochotna jejich plány financovat. To se opět nezdařilo. Nakonec financování zajistily společnosti Medtronic a Boston Scientific. V srpnu 2000 se rozhodli provést první pokusy na zvířatech s použitím polymerních chlopní. Tento pokus nebyl úspěšný, jelikož nedošlo ke správnému ukotvení chlopní (de Jaegere et al., 2020).

První implantace, provedená v klinické praxi, se uskutečnila 16.dubna roku 2002 ve francouzském Rouenu. Jednalo se o 57letého vážně nemocného muže v kardiogenním šoku, jehož srdeční výdej byl nižší, než norma a v levé komoře byl prokázán plovoucí trombus. U pacienta se také vyskytovala subokluze dvojitého aortoiliakálního štěpu, kvůli kterého nemohl být použit transfemorální přístup. Proto lékaři nejdříve vyzkoušeli trans septální BAV, od které se následně muselo periprocedurálně ustoupit. Pacient byl hemodynamicky nestabilní, proto museli v následujících 24 hodinách přistoupit k transeptálnímu pokusu i za cenu selhání. Nakonec se rozhodli tento riskantní krok podstoupit, jelikož to byla jediná možnost záchrany pacientova života. Zákrok dopadl úspěšně a u pacienta se téměř hned projevilo klinické zlepšení. Tato zpráva se rozšířila médií a byla lékařskou společností překvapivě přijata. Později zdravotnické úřady povolily první prospektivní studii na TAVI pouze přes transseptální přístup. Studie měla 80% úspěšnost. Vyskytly se případy, kdy pacienti prožili několik dalších let bez obtíží a někteří zemřeli na následky komorbidit (Cribier, 2022).

Krátce po první publikaci o balon – expandibilních chlopních u prasat, se podařilo profesoru Dušanu Pavenikovi představit perkutánní samo – expandibilní mechanickou chlopeň vyzkoušenou na psech. První prototyp se implantoval dvoufázovým způsobem, avšak později se mu podařilo model zdokonalit a náhrada byla možná provést v jednom kroku. Během následujících let byly balon – expandibilní i samo – expandibilní chlopně testovány na zvířatech. Alain Cribier byl o pár kroků napřed a v roce 2001 se podělil o své zkušenosti s balónkovou implantací aplikovanou na ovčích a později i na lidech. V roce 2004 oznámil implantaci u šesti vysoce rizikových pacientů. Jednalo se o inoperabilní skupinu lidí, u které musel zvolit metodu TAVR. U dalšího souboru lidí využil přístup jak antegrádní, tak retrográdní. Obě implantace byly provedeny pod mírnou sedací, v lokální anestezii a bez mimotělního oběhu. Studie byla zakončena jako úspěšná, avšak je třeba vzít v úvahu, že zkoumaní pacienti byli velmi polymorbidní (Andersen, 2021).

Na evropský trh byl nově uveden přístroj tzv. samo-expandibilní chlopeň CoreValve, který jednoznačně přispěl k vývoji TAVI. Tento průkopnický vynález vyvinul francouzský kardiochirurg Jacques Seguin. K první implantaci chlopně došlo v Indii v roce 2002 a v Evropě

o tři roky později profesorem Eberhardem Grubem. Významnou změnou bylo, že se pro zákrok zvolila celková anestezie a mimotělní oběh. V návaznosti na to byla provedena studie u 25 pacientů. Cribier se zpočátku zaměřoval hlavně na přístup antegrádní, ale postupem času se od něj upustilo. Jednalo se o velmi složitý a náročný způsob s nutností rozsáhlých znalostí z oblasti srdeční katetrizace. V roce 2005 antegrádní přístup nahradil způsob retrográdní – transfemorální. Později se začínaly využívat přístupy transaxilární a transaortální. Následně byl zaveden i apikální přístup u lidí, který nejprve otestoval profesor John Webb ve Vancouveru na zvířeti (Andersen, 2021).

V následujících letech došlo k obrovskému vývoji chlopní, techniky, systémů a přístrojů. Lékaři se adaptovali na nové technologie, které jim v mnoha ohledech dokázaly usnadnit práci. Díky TAVI došlo k poklesu úmrtnosti. Toto období započalo řadu studií, kde se snažili srovnat TAVI se srdeční operací. Závěrem této studie bylo, že u pacientů starších 75 let, by měla být metoda TAVI na prvním místě bez ohledu na míru rizika chirurgického zákroku. V dnešní době se pro léčbu aortální stenózy primárně volí u 70-80 % pacientů metoda TAVI a u zbylých 20-25 % je to SAVR (Andersen, 2021).

3 ZOBRAZOVACÍ METODY

3.1 Echokardiografie

Echokardiografie se dnes běžně využívá v oblasti kardiologického vyšetření, jelikož má tu výhodu, že lze opakovat podle potřeby, aniž by zatěžovala pacienta zářením či podáním rentgenové kontrastní látky. Generování ultrazvukových vln vzniká ve speciální sondě, která se umísťuje na hrudník pacienta. Tato sonda obsahuje piezoelektrický krystal, který funguje jako vysílač a přijímač zároveň. Zvukové vlny procházejí tělesnými tkáněmi a jsou odrazeny zpět k sondě. Každá tkáň či struktura v těle odráží ultrazvukový signál jinak, a to v závislosti na jejich hustotě a složení. Odražené vlny jsou zachyceny sondou a převedeny na elektrické signály, které počítač zpracuje do obrazů srdce (Štejfa, 2007).

Transtorakální echokardiografie (TTE) hraje u TAVI velice důležitou roli, jelikož se využívá od samotného začátku zkoumání AS až po závěrečné kontroly po implantaci chlopně. Pro AS je typická dlouhá asymptomatická fáze, která může trvat několik desetiletí a během které dochází k rozvoji obstrukce otoku. Jelikož má nemoc tendenci klinicky a hemodynamicky progredovat je důležitá pravidelná kontrola stavu onemocnění a individuální stratifikace rizika. Sledováním se snažíme zaznamenat jakoukoliv změnu symptomatického stavu, toleranci zátěže pomocí zátěžového testu, funkci levé komory, nebo závažnost onemocnění (Dulgheru et al., 2016).

TTE je klíčová neinvazivní zobrazovací metoda, která využívá ultrazvukové vlny a Dopplerův efekt k vizualizaci struktury a funkce srdce, zejména pro hodnocení morfologie a mobility aortální chlopně. Dokáže posoudit fenotyp aortální chlopně, zdali se jedná o chlopeň bikuspidální či trikuspidální. Zahrnuje zjišťování příčin a závažnosti AS (měření plochy aortální chlopně, středního gradientu a maximální rychlosti aortálního proudu), jejího dopadu na funkci levé komory (LK), včetně tepového objemu, ejekční frakce LK a diastolické funkce, tlak v levé předsíni a v plicnici. Hodnocení zahrnuje také měření průměru výtokové trasy levé komory (LVOT) k přesnému sledování progresu stenózy (Dulgheru et al., 2016).

Transtorakální echokardiografie poskytuje v preprocedurální fázi informace o chlopní funkci, paravalvulární insuficienci, která lze detekovat pomocí Dopplerovské techniky, průměrném tlakovém gradientu a rychlostním poměru skrze protězu. Umožňuje posoudit, zdali je pacient vhodný pro TAVI včetně závažnosti aortální stenózy, zhodnotit aortální chlopeň a její morfologii, kvalifikovat mitrální regurgitaci a funkci levé komory. Nevýhodou TTE je, že nedokáže přesně zobrazit chlopní listky, což se dá vyřešit pomocí MDCT, která dokáže podat přesnou morfologickou vizualizaci. (Soschynski et al., 2018).

Echokardiografie hraje také čím dál podstatnější roli při samotném zákroku. Rutině se přístupová cesta prováděla punkcí arterie na úrovni středu hlavice femuru a kontrola správnosti se prováděla za použití fluoroskopie. Dnes je tato metoda sice stále využívána, ale do popředí se častěji dostává ultrasonografická kontrola s dopplerovským zobrazením, a to z důvodu nižšího počtu krvácivých komplikací. Porovnání množství komplikací těchto dvou metod kontroly přístupu v roce 2020 publikoval Vincent a kol. kde na souboru 95 pacientů zaznamenal výrazné snížení množství krvácivých komplikací (Perrin et al., 2021).

Při výkonu se použije lineární sonda, a právě díky Doppler módu je možné přesně identifikovat místo bifurkace femorální tepny a množství kalcifikací v její přední stěně. Intervenční kardiolog tak v axiálním pohledu téměř svisle punktuje přední stěnu tepny a v podélném naopak vidí sklon jehly a prostup do tepny (Perrin et al., 2021).

Pro monitoraci lze během zákroku použít i transezofageální echokardiografii (TEE), která vyhodnotí funkci chlopně a zároveň detekuje v dostatečném předstihu možné nežádoucí komplikace před a po balónkové valvuloplastice (BAV) nebo TAVI. Provádí se zpravidla hned před zahájením procedury, pro získání základního hemodynamického a morfologického hodnocení. Zhodnotí se všechny čtyři chlopně a komory srdce – jejich velikost a pohyb stěn (Onishi et al., 2018).

TEE se využívá během zákroku kvůli schopnosti zobrazování struktur v reálném čase a ve více rovinách. Usnadňuje přesné umístění chlopně a posouzení stupně aortální regurgitace. Ihned po nasazení chlopně je důležité posoudit její funkčnost. V této fázi TEE poskytuje rychlé a přesné hodnocení polohy chlopně, jejího tvaru, pohybu jejich cípů, maximální rychlost a tlakový gradient. Zahrnuje kontrolu průtoku krve skrze chlopně a detekci paravalvulární regurgitace, která nastává v případě špatného těsnění chlopně proti stěně aorty (Onishi et al., 2018).

V případě změny klinického stavu pacienta a vzniku potencionální komplikace během procedury jako je perikardiální tamponáda, významná aortální regurgitace nebo disekce, poškození levé komory a embolizace implantované aortální chlopně, může TEE vhodně posloužit k identifikaci těchto stavů (Litmanovich et al., 2014).

Své využití během plánování TAVI procedury najde i 3D TEE, jehož výhodou je, že dokáže ve srovnání s 2D TEE podat přesnější informace o aortálním prstenci, což má vliv na výběr velikosti protézy (Litmanovich et al., 2014).

TTE se dále využívá pro pravidelnou kontrolu funkce protetické chlopně po zákroku. Většinou se provádí po jednom, šesti a dvanácti měsících od implantace a poté každoročně.

V případě vzniku nových symptomů jako jsou příznaky srdečního selhání nebo vznik nového šelestu je naléhavé echokardiografické vyšetření nezbytné (Onishi et al., 2018).

3.2 Rentgenový snímek

AS je typickou chlopenní vadou, kterou jsme schopni zaznamenat na RTG snímku hrudníku a plic. Na RTG snímku je viditelné zvětšení levé komory (LK), kalcifikovaná oblast aortální chlopně a poststenotická dilatace sestupné aorty. Hypertrofie LK se může projevit zvětšením srdečního stínu nebo nápadným zaoblením LK. U starších pacientů s degenerativní aortální stenózou mohou být viditelné kalcifikace aortální chlopně, které jdou nejlépe vidět v levé bočné projekci (LLAT) nebo v levé šikmé projekci (LAO). V těchto projekcích jsme schopni vidět v jakých oblastech se kalcifikace nachází, a obecně platí, že čím větší je počet kalcifikací, tím horší je stav AS. Na RTG snímku se snažíme rozpoznat o jaký druh chlopně se jedná, jelikož v případě chlopně unikuspídní může dojít až k selhání LK (Steinhart et al., 2012).

I chlopeň po implantaci (ať už SAVR nebo TAVR) zobrazujeme také na prostém snímku. V případě, že pacienta sledujeme po operačním řešení AS prostý snímek zobrazí našivací prstenec a uzavírací tělísko. Díky tomu jsme schopni určit, o jaký druh chlopně se jedná (Steinhart et al., 2012).

U chlopenních náhrad využívaných u TAVI je nutno upravit na RTG snímku jas a kontrast pro lepší viditelnost, jelikož jsou vyrobeny z velmi jemného materiálu, který nejde na první pohled vidět (Steinhart et al., 2012).

3.3 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie (CT) je zobrazovací metoda, která poskytuje údaje o anatomické struktuře aortální chlopně v nejlepší kvalitě a s nejvyšším rozlišením u kalcifikované AS. V současnosti se nejčastěji používají multidetektorové CT skenery díky cenové dostupnosti a lepšímu časovému a prostorovému rozlišení. Evropská společnost kardioradiologie (ESCR) stanovila standardní požadavky na CT skener. Standardní protokol musí poskytovat kontrastní skenování kořene aorty s EKG gating nebo triggering s rekonstruovatelnou tloušťkou řezu alespoň 1mm a menší v několika fázích srdečního cyklu, minimálně však v systolické fázi. Z tohoto důvodu je doporučeno skenování provádět na minimálně na 64-slice CT nebo přístroji s dual source. Při CT kontrastním vyšetření je třeba zaručit, že náběr skenovaných dat bude v rozsahu od podklíčkových tepen až pod hlavice stehenní kosti. Za účelem snižování radiační zátěže se doporučuje náběr veškerých dat (i parametry kořene aorty i cévní přístupy) za jednu akvizici, avšak snížení množství kontrastní látky stále převažuje nad snížením množství

radiální zátěže – tento problém ovšem stírají stále modernější systémy, které umožňují náběr všech dat během podání jediného bolusu kontrastní látky. Zde ESCR zmiňuje, že podání 50ml kontrastní látky při průtoku 3-4ml/s by mělo být dostačující pro optimální zobrazení, ale připomíná, že je nutné tuto dávku upravit dle možností přístroje a konstituci pacienta (Francone et al., 2020).

Získané informace z CT poskytnou nejlepší posouzení úrovně kalcifikované chlopně, velikost nativního chlopního prstence a sinusů. V předoperační fázi lze uplatnit získané informace pro výběr vhodné velikosti náhrady chlopně – předpovědět její tvar a geometrii rozvinutí chlopně. Na CT skenech se kalcifikace zobrazují jako světlé oblasti o velikosti větší než 3 pixely s denzitou větší než 130 HU. Důležitou součástí je měření kalciového skóre, které se hodí především jako doplněk echokardiografického vyšetření. Provádí se vynásobením naměřené plochy koeficientem zeslabení na základě vrcholového zeslabení v oblasti a vyjadřuje se v Agatstonových jednotkách (AU). Studie prokázaly, že pokud jsou výsledky kalciového skóre menší než 700 AU, nejedná se o těžkou AS, zatímco skóre vyšší než 2000 AU už těžkou AS potvrzuje (Saikrishnan et al., 2014).

CT vyšetřovací protokol je v základě velmi podobný nekontrastnímu zobrazení koronárních tepen a stanovení kalciového skóre. Konvenčně se provádí se při napětí na rentgence 120kV s rekonstrukcemi v axiální rovině o šířce 3mm, je zde však nutné do výpočtu množství kalcifikací zahrnout i samotné lístky cípů chlopně (Francone et al., 2020).

Přestože se CT vyznačuje lepším prostorovým rozlišením s poskytnutím přesných anatomických dat, najdou se negativní vlastnosti, které nevyhovují diagnostice AS. CT dokáže poskytnout pouze geometrickou oblast otvoru ústí chlopně, ale hemodynamická data, jako je transaortální tlakový gradient nebo srdeční výdej poskytnout nedokáže (Saikrishnan et al., 2014).

3.4 CT angiografie

CT angiografie je neinvazivní zobrazovací metoda, která se využívá k zobrazení kardiovaskulární soustavy. Funguje na principu spirálního sběru dat za použití kontrastní látky podané intravenózně. V hodnocení může být zahrnuta tvorba trojrozměrného modelu cévních struktur, který je podobný tradičnímu angiogramu. CTA často funguje na principu multidetektorové technologie (MDCT), která využívá mnoho řad detektorů. Díky tomu jsme schopni získávat více řezů, o šířce méně jak 1 mm, během jednoho otočení gantry. Docílíme rychlejší akvizice dat, zlepšeného prostorového rozlišení a pokrytí většího objemu těla za kratší dobu. Dobu akvizice dat můžeme ovlivnit úpravou skenovacích parametrů jako je rychlost

posunu stolu, kolimaci a dobu rotace gantry. Během procesu sbírání dat je důležité správně synchronizovat cirkulační fázi a pacientovu spolupráci, jelikož je nutné během vyšetření po určitou dobu nedýchat (Procházka & Čížek, 2012).

CTA vyšetření se provádí u pacientů se závažnou AS za účelem posouzení vhodnosti nemocného pro zákrok. Díky lepšímu rozlišení v prostoru a čase a použití sofistikovaných metod iterativní rekonstrukce, které snižují šum a artefakty na obraze způsobené kalcifikací, je možné provádět koronární CT angiografii s přesností při detekci relevantních stenóz koronárních tepen a bypassových graftů u pacientů, kteří jsou rutinně vyšetřováni pomocí CT před zákrokem TAVR. CTA se stala metodou volby pro stanovení rozměrů anulu a kořene aorty, což usnadňuje výběr velikosti náhrady chlopně. Využívá se ke zvolení nejlepšího úhlu fluoroskopické projekce a pro kontrolu periferních přístupových cév. K tomu je nutné podání jódové kontrastní látky, která může být u mnohých pacientů nefrotoxická. V tomto případě je nutné posoudit jednotlivá rizika a výhody u konkrétního pacienta, popřípadě zvolit jiný druh vyšetření (Rossi et al., 2017)

CTA často využívá synchronizaci s EKG ke snížení artefaktů způsobených srdečním pohybem, a to konkrétně EKG-triggering a EKG-gating. EKG-gating je technika, která dokáže oproti EKG-triggering synchronizovat akvizici dat s EKG a zároveň umožňuje sběr dat během celého srdečního cyklu. Data je možné zrekonstruovat pomocí zpětné interpolace v různých fázích srdečního cyklu, díky čemuž lze provést analýzu srdce a koronárních tepen v různých fázích jejího pohybu. Nevýhodou použití gatingu je vyšší radiační zátěž pacienta, vyšší nároky na výpočetní zpracování a analýzu dat (Procházka & Čížek, 2012).

Pomocí CTA dokážeme vyloučit onemocnění koronárních tepen (CAD) u pacientů s nízkou až střední pravděpodobností výskytu. Může se stát, že CTA snímky jsou dostačující natolik, že není nutné provést invazivní koronarografii. U pacientů, kteří podstupují TAVR se mohou výsledky o něco lišit. Prvním důvodem je, že u starších pacientů je pravděpodobnost vzniku CAD mnohem vyšší, což může zpochybnit užitečnost neinvazivního testu před invazivní koronární angiografií. Vzhledem k věku a vyskytujícím se komorbiditám u těchto pacientů, je výskyt kalcifikací běžný, což může komplikovat samotný diagnostický výkon CTA. Klasická příprava na CT může být u těchto pacientů kontraindikována, jelikož vazodilatace pomocí nitroglycerinu a kontrola srdeční frekvence beta-blokátory může způsobit vážnou hypotenzi (Rossi et. al., 2017).

3.5 Magnetická rezonance

MRI už nějakou dobu zaujímá své postavení na poli zobrazovacích metod v problematice diagnostiky AS a plánování její léčby pomocí TAVI.

Diagnostikování AS pomocí magnetické rezonance je však stále nejméně používanou neinvazivní zobrazovací metodou. Tato modalita poskytuje neoddiskutovatelné výhody v podobě absence ionizujícího záření a schopnosti získat data anatomických i hemodynamických poměrů v plném náběru dat bez nutnosti tvorby rekonstrukcí. Mezi její nevýhody však patří nižší prostorové rozlišení v porovnání s CT, asignální místa ve skenu v důsledku turbulence toku, artefakty v obraze způsobené lékařskými implantáty, delší dobu náběru dat a především cenu (Saikrishnan et al., 2014).

ESCR vydala své stanovisko k požadavkům na standardizaci zobrazovacích protokolů, které jsou použitelné pro přístroje, využívající se v dnešní klinické praxi. MRI nabízí jako alternativní možnost v plánování TAVI procedury k CT u velmi rizikových pacientů se sníženou funkcí ledvin, jelikož je možné dobře posoudit parametry kořene aorty, pánevního řečiště, zhodnotit také pozdní sycení makroskopické fibrózy i AS a především užití gadoliniové kontrastní látky, která je méně nefrotoxická než jodová kontrastní látka. Avšak alternativu hodnotí jako dražší, složitější (je vyžadována velmi dobrá spolupráce pacienta) a upozorňuje na potřebu zvýšit kvalitu protokolů náběru dat (Francone et al., 2020).

Společnost pro kardiovaskulární magnetickou rezonanci (SCMR) v roce 2020 aktualizovala svá doporučení ke standardizaci MRI protokolů z roku 2013, kde v obecných principech zohledňuje především čím dál rozšířenější využití 3T oproti 1,5T. Mezi problematická místa silnějšího magnetického pole jmenuje EKG gating, naopak zvýšený poměr signálu k šumu (SNR) u 3T se jeví jako výhodnější při perfuzi po prvním průchodu kontrastní látky a poté v pozdním sycení gadolнием. Dokument je propracovaný – zahrnuje požadavky na přístrojové a systémové vybavení (povrchové cívky, paralelní skenovací techniky, pro snížení doby akvizice a tím i kratšího zadržování dechu), výpis léky podněcených kontraindikací (např. sinusová bradykardie), patientskou přípravu a obecné požadavky na sekvenční protokoly, které poté dále rozvíjí podle oblasti použití a patologie (Kramer et al., 2020).

V dnešní době existuje velké množství studií, které se věnují především porovnání CT a MRI. Jednou z nich je například studie z roku 2023 – nekontrastní, EKG gated, navigátorem ovládaná třírozměrná akvizice celého srdečního objemu (od výtokového traktu levé komory po ascendentní aortu), provedená na 1,5T. Naplánování sekvence bylo provedeno v úrovni bulbus

aortae ve všech třech plánovacích rovinách lokalizéru. Poté se provedly 3D FLASH MRA (fast low-angle shot) sekvence v koronární rovině před i po podání gadoliniové kontrastní látky. MRA byla rozšířena pro zobrazení celého objemu tepenného řečiště, potřebného pro plánování TAVI. Takto bylo vyšetřeno a naplánováno k proceduře 380 pacientů (191 MRI a 189 CT) a výsledek studie ukazuje vyváženou úspěšnost provedení následného zákroku po naplánování, tudíž autoři studie MRI i do budoucna uvažují jako alternativu k CT (Reindl et al., 2023).

3.6 Fluoroskopie, digitální angiografie a digitální substrakční angiografie

Fluoroskopie se považuje za hlavní intraoperativní zobrazovací metodu při zákroku TAVI, díky širokému zornému poli a vysokému časovému rozlišení. Využívá se hlavně pro správnou navigaci při zavádění katetrů, kardiostimulačních elektrod, během punkce femorální tepny a pro kontrolu pozice a úhlu při nasazování chlopně, který známe již z dřívějšího CTA vyšetření. Chlopně je tvořena mřížkou z nitinolu (slitinou z titanu a niklu), kterou lze, díky vysokému atomárnímu číslu kovů, velmi dobře zobrazit během fluoroskopie. Právě díky rentgenkontrastní povaze materiálu mřížky, ale také ostatního instrumentária, napomáhá operatérům při přesném umístění v chlopním aparátu (Salemi & Worku, 2017).

Nesprávné umístění chlopně by mohlo způsobit embolizaci, obstrukci koronární tepny nebo paravalvulární regurgitaci. Tomu je třeba předejít volbou vhodné projekce, která pro správnou implantaci zobrazuje všechny tři aortální cípy v jedné rovině a zároveň je kolmá na původní anulus chlopně. Zarovnání aortálního kořene lze provést tzv. Kaselovým pravidlem, jehož cílem je dostat pravý aortální cíp do středu obrazu a umístit levý nekoronární cíp symetricky na obě strany. Tímto způsobem získáme projekci, která je kolmá na nativní anulus aortální chlopně. Druhou možností je využití předoperačního CT, které nám určuje daný úhel projekce. Docílíme tak menšího množství použité kontrastní látky, záření a doby provedení zákroku. Fluoroskopie má v porovnání s CT tu výhodu, že dokáže překonat omezení spojené s tvorbou artefaktů způsobených vápníkem nebo zářením, a navíc nevyžaduje použití anestezie. Redukuje množství použití kontrastní látky a celkovou radiační zátěž oproti intraprocedurálnímu CT (Hussain & Nabi, 2017).

V počátcích bylo součástí plánovacího procesu TAVI/TAVR také provedení digitální angiografie (DA). Markovaný pigtail se umístil nad bifurkaci aorty a pomocí aplikace 20-35ml kontrastní látky se provedlo zobrazení pánevního řečiště (jak iliakálních, tak femorálních tepen). Bylo možné tak posoudit celkový stav tepen – zúženiny, kalcifikace a vysokou bifurkaci. Díky kalibrovanému pigtailu bylo také možné přesně spočítat rozměry i femorálních i iliakálních tepen. Výhodou této metody je stále vysoké prostorové rozlišení a díky povaze

kalcifikací v RTG obraze také zobrazení kalcifikací ještě před nástřikem kontrastní látkou. Podobné zastoupení zaujala digitální subtrakční angiografie (DSA), která se může pyšnit také výborným prostorovým rozlišením, ale spolu s DA má handicap v podobě pouze 2D zobrazení. Proto se v dnešní době od tohoto zobrazení při plánování zákroku ustupuje a nahrazuje jej CT vyšetření pánevního řečiště jako součást CTA (Toggweiler et al., 2013).

Zajištění primárního a sekundárního přístupu při TAVI proceduře sice zahrnuje čím dál častěji použití ultrazvukové kontroly, jak bylo zmíněno výše, klasicky se ale také vedle konvenční skiaskopie využívá digitální subtrakční angiografie (DSA). Studie publikovaná v roce 2017 v časopise Eurointervention porovnává DSA „roadmap“ a integraci angiografických dat, kostěných struktur pánve a rentgen kontrastního objektu (nejčastěji moskyta, peánu nebo punkční jehly). Road mapping, tedy proces, kdy se malým bolusem kontrastní látky provede angiografie pánevního řečiště a získaná „mapa“ se pak odečte a vytvoří se tak skiaskopický snímek v reálném čase překrývající statický snímek iliofemorálních cév, vyšel v porovnání s předem užívanou technikou jako snazší a výhodnější především stran vzniku postkanylačních komplikací (El-Mawardy et al., 2017).

TAVR je téměř zcela fluoroskopicky řízený zákrok, což znamená, že lékaři i pacienti jsou vystaveni záření, které může vést k možným stochastickým a deterministickým nežádoucím účinkům. Průměrná obdržená dávka během zákroku se podobá dávce obdržené během perkutánní koronární intervence (Cafaro et al., 2023).

3.7 Selektivní koronarografie

Důležitou součástí předoperačního vyšetření je vyšetření koronárních arterií, které vyživují srdeční sval. Díky získaným informacím jsme schopni ovlivnit průběh procedury TAVI a odhalit rizika, která by mohla zkomplikovat zákrok. Nejčastěji využívanou metodou pro posouzení koronární anatomie je invazivní vyšetření selektivní koronarografie (SKG). Vyšetření je potřeba naplánovat několik dní až měsíců před samotným zákrokem TAVI, což většinou záleží na čekací době jednotlivých center a urgentnosti provedení zákroku. Invazivní SKG se provádí u pacientů jejichž kontraindikace nedovolují podstoupit CT, nebo kvůli přítomnosti léze v proximální koronární tepně. I když se jedná o přínosné vyšetření s bezpečnou přístupovou cestou, dokáže zpomalit vyšetřovací proces kandidátu před TAVI a potenciálně narušit cévu, využívanou během zákroku (Barbanti et al., 2017).

Úkolem (nejen) lékařského personálu je seznámit pacienta s detaily průběhu vyšetření a následně od něj převzít podepsaný informovaný souhlas. Přehodnocují se a kontrolují rutinní předoperační testy včetně biochemie, kompletního krevního obrazu, koagulačních testů,

echokardiografie, EKG a dalších. Výkon se provádí pomocí jodové kontrastní látky (KL), která je následně vylučována ledvinami, z toho důvodu je nutné sledovat renální funkce (hladinu kreatininu) a zajistit pacientovi dostatečnou hydrataci. S použitím KL se také pojí riziko výskytu alergické reakce. Zde je potřeba především znát alergologickou anamnézu pacienta – předchází použití KL – a provést případnou profylaxi (Štípal & Miklík, 2013).

Doba diagnostického zákroku trvá zhruba 10-15 minut a provádí se v lokální anestezii. Pomocí jehly zajistíme Seldingerovou technikou arteriální přístup, nejčastěji volíme tepnu radiální nebo femorální. Radiální přístup je v dnešní době zvolen ve většině světových katetrizačních center. Procentuální zastoupení například v egyptském centru Slemani Cardiac Hospital je přes 90 % použitých přístupů, a i přes to autoři dále uvádějí, že centra v Iráku jsou za zbytkem světových destinací zpátečnické, a i nadále využívají femorální přístup (Aldoori et al., 2019).

Užití právě radiálního přístupu se řídce pojí s podáním sedace, ale ve většině případů se provádí bez ní. Důvodem je vznik spasmu a bolestivost při zavádění zaváděcího pouzdra. Do cévy zavedeme tenký vodič, přes který se zavádí katetry o velikosti 5Fr nebo 6Fr. Jestliže se během vyšetření stane, že lékař ucítí jakýkoliv odpor, měl by pokračovat pouze pod vizualizací pomocí rentgenového záření. Pro lepší viditelnost arterií se podává kontrastní látka a výsledkem je kompletní zobrazení přístupu do koronárního řečiště (Kočka, 2015; Branny et al., 2008).

Dalším krokem je prostup až k věnčitým tepnám, kde se poté provede nasondování koronárních tepen pomocí diagnostických katetrů (nejčastěji Judkins Left, Judkins Right), následně je výkon buďto ukončen nebo je navázáno perkutánní koronární intervencí (PCI) (Park et al. 2020).

Selektivní koronarografie se provádí ve standardizovaných projekcích – AP-CAUD; RAO-CAUD, RAO-CRAN; LAO-CRAN; LAO-CAUD - tzv. Spider view. Tyto zmíněné projekce se nejčastěji používají pro zobrazení levé věnčité tepny. Dostatečné standardní zobrazení pravé věnčité tepny je provedeno pomocí 3 projekcí: LAO, RAO a LAO-CRAN. Většina projekcí se pohybuje v rozsahu 30°, pouze projekce „Spider“ je charakteristická – LAO 50° a CAUD 30° (Park et al. 2020).

Trendem moderní doby je snižování dávek jak pacientům, tak výkon provádějícího personálu a hledání tím maximálních limitů principu ALARA. Vzniká i nadále mnoho studií na porovnání konvenčních vyšetřovacích protokolů a tzv. „low dose“ protokolů (LDP). Jednou z nich je například ERICA trial z roku 2020, která na souboru 103 pacientů ukázala signifikantní pokles dávek při použití LDP (Park et al. 2020).

Za poslední dobu docházelo ke spekulacím, zdali by CTA byla schopna nahradit invazivní SKG v diagnostice CAD. Touto otázkou se rozhodla zabývat studie Discharge, která sledovala invazivní SKG a CTA po dobu 3,5 let a prokázala, že CTA zatím nemůže plnohodnotně nahradit invazivní SKG při sledování koronárních lézí, i když jsou obě metody bezpečné a mají podobnou incidenci hlavních kardiovaskulárních událostí. Za posledních 20 let se CTA výrazně vyvinula, avšak pro diagnostiku obstrukční CAD a pro určení adekvátní léčby zůstává SKG nepostradatelná. To platí zejména v situacích, kdy je doplněna o hemodynamické posouzení prostřednictvím měření frakčního průtoku rezervy (RFR/FFR) u sporných a mírně závažných koronárních stenóz. (Bolognese & Reccia, 2022).

4 SOUČASNÉ VYUŽITÍ A PRŮBĚH TAVI

4.1 Indikace

Metoda TAVI se stala alternativní metodou SAVR u vysoce rizikových pacientů s AS. Jedná se o progresivní onemocnění, jehož průběh je nepředvídatelný. Levá komora a ostatní části srdce jsou neustále vystaveny nárůstu tlakového zatížení, což srdce výrazně poškozuje (Généreux & Iung, 2022).

Zvýšená odolnost vůči průtoku krve a vyšší transvalvulární tlakový gradient způsobují zvýšenou zátěž levé komory, což vyvolá hypertrofii. Četnost se zvyšuje s věkem a vyskytuje se téměř u 4,6% lidí ve věku 75 let. Vzniklé kalcifikace, které postihují především posteriorní listy chlopně, vedou ke ztuhnutí a omezení pohybu cípů chlopně a jsou nejčastější příčinou AS. Narušení endotelové výstelky na straně aorty, způsobené zvýšeným mechanickým stresem, se jeví jako spouštěč. Hlavní příčinou AS v rozvojových zemích je stále revmatická horečka, která vyvolá zánět srdečních listů. AS může být bez příznaků nebo se projevovat jako angina pectoris, synkopa a srdeční selhání (Rajput & Zeltser, 2023).

S příchodem TAVI se začalo diskutovat, zdali je stejně výhodné jako SAVR. Obě metody byly v několika studiích porovnávány a ve všech se ukázalo, že TAVI dosahuje lepších klinických výsledků nebo minimálně srovnatelných se SAVR z hlediska úmrtnosti. Rozhodnutí o zvolení metody je na kardiologickém týmu, který musí zvážit komplexní a anatomické aspekty (Windecker et al., 2022).

Studie také prokázaly, že TAVI je prospěšné nejen u vysoce rizikových pacientů s AS, ale také u středně rizikových pacientů. Dnes odborníci zkoumají, zdali se dá využít i u mladých osob s nízkým rizikem. Indikace pro TAVI se v poslední době měnily podle výsledků zveřejněných publikací. Výzkum ukázal, že TAVI je účinná a bezpečná jak pro inoperabilní pacienty se závažnou AS, tak pro pacienty s vysokým rizikem chirurgických komplikací. Výsledný efekt se projeví snížením nebo odezněním množství symptomů, zlepšenou srdeční funkcí a prodloužením délky života o víc jak 12 měsíců (Zhang et al., 2022).

4.2 Výběr a komplexní péče o pacienta

Výběr pacienta

Pro správný výběr pacientů je klíčové nejen detailní hodnocení morfologie AS, ale také zhodnocení široké škály klinických a funkčních údajů. K tomuto účelu jsou preferovány zobrazovací techniky, které dokážou poskytnout podrobný popis chlopní a anulu před samotným zákrokem. Ultrazvukové vyšetření je v tomto procesu primárním diagnostickým nástrojem. Poskytuje podrobný popis aortálního chlopněvého komplexu a

umožňuje spolehlivě odhadnout míru AS. Multislice počítačová tomografie usnadňuje výběr vhodné protézy, hodnotí přístupové cesty a detekuje další relevantní komorbidity. Angiografie se používá k hodnocení míry postižení koronárních cév a k plánování revaskularizace před implantací protézy. Kardiovaskulární magnetická rezonance a pozitronová emisní tomografie jsou novějšími metodami, které se stávají užitečnými v hodnocení AS (Cocchia et al., 2017).

Provedení výkonu neurčí jen zobrazovací metody, ale také zohlednění celkového klinického stavu. Pro vyhodnocení rizika chirurgického zákroku se využívají různá skóre (např. EuroSCORE nebo STS-PROM), které určují vhodnost pacienta pro TAVR. (Melidi et al., 2016).

Předintervenční péče

Před samotným zákrokem TAVI pacienti podstoupí několik vyšetření, které určují závažnost příznaků, funkční schopnost, možná rizika a kontraindikace pro SAVR, ale také celkové zhodnocení stavu pacienta. Před zákrokem je třeba vyloučit veškeré zánětlivé fokusy. Například až 40% infekční endokarditidy (IE) je právě orálního původu. Studie provedená na 150 pacientech (58 TAVI a 92 SAVR), ukázala stejnou míru postižení s nutností stomatologické léčby. Studie byla zaslepená a pacienti byli sledováni během následujícího víc jak roku po provedení kardiologického/kardiochirurgického zákroku. Výsledkem bylo, že polovina pacientů vyžadovala stomatologický zásah před provedením zákroků a s IE byli následně léčeni pouze 2 pacienti – každý z jedné skupiny (Carasso et al., 2019).

Během multidisciplinárního řízení se projednává typ zvolené chlopně, přístupové cesty a podané anestetikum. Na předoperační schůzi lékař informuje pacienta o možných komplikacích během zákroku a zvoleném druhu anestezie, kvůli které musí dotyčný podepsat informovaný souhlas. Před zákrokem je nutné, aby pacient nejedl po dobu přibližně osmi hodin (Melidi et al., 2016).

Procedura

U TAVI procedury známe několik variant přístupové cesty. V této kapitole se budeme věnovat přístupu transfemorálnímu, což je zároveň jeden z nejčastěji volených přístupů. Ačkoliv následující popis procedury TAVI podává komplexní přehled o krocích a metodách používaných v průběhu tohoto zákroku, je důležité zmínit, že konkrétní postupy a techniky se mohou lišit v závislosti na zvyklostech, zkušenostech a dostupném vybavení jednotlivých nemocnic. Prvním krokem této procedury je infiltrovat místa vpichu lokálním anestetikem, které aplikujeme do všech míst, kde bude proveden vpich. Druhý krok spočívá v zajištění přístupu pravé jugulární žíly, za kontinuální kontroly ultrazvukem a za použití speciální mikropunkční jehly. Přes krátký J-wire se umístí tearaway sheath. Následně umístíme

transvenózně kardiostimulační elektrodu, která se zavádí do hrotu pravé komory srdeční a provedeme kontrolu její funkce a změření stimulačního prahu (Abri et al., 2022).

V následujícím kroku provedeme kanylaci Seldingerovou metodou tepenného přístupu pro monitoraci tlaku a provádění angiografie – přípravu sekundárního přístupu nebo také tzv. „nepracovní strany“ (Radhakrishnan et al., 2020).

Přístupová cesta se zde volí buď via a.radialis nebo a.femoralis (v závislosti na pulzaci, vinutosti tepny a celkové přístupnosti.) Důvodem upouštění pouze od femorálního sekundárního přístupu je snížení množství komplikací. Zde v roce 2020 Shree a Kalon provedli srovnávací studii u 5056 pacientů, která ukázala o 60% nižší život ohrožující krvácivé komplikace a o 52% nižší riziko komplikací vaskulárních (Radhakrishnan et al., 2020).

Dále pracujeme v primárním přístupu nebo také v „pracovní straně“, kde provedeme kanylaci a poté incizi nad femorální tepnou na straně TAVI. Pro verifikaci správnosti místa vpichu a dobře zavedeného vodiče, který musí jít tepnou volným pohybem, nám může pomoci ultrazvuk, díky kterému vidíme vnitřní struktury tepny a okolní tkáň. Řez kůží musí být dostatečně velký, aby přes něj byli lékaři schopni zavést potřebné instrumentárium, a zároveň co nejmenší pro rychlou rekonvalescenci a zabránění vzniku komplikací. Po incizi následuje tupá disekce, která spočívá v opatrném oddělení tkáňe a tím tak předešla poškození krevních cév nebo okolních struktur. Díky tomu lze bezpečně zavést zařízení pro uzávěr cévy (např. ProGlide nebo Manta). Mikropunkční technika a angiogram nám potvrdí správnost umístění vstupu a zajistí efektivní uzávěr cévy po zákroku (Abri et al., 2022).

V následujícím kroku je potřeba rozšířit místo pro vstup cévy, na což použijeme J-wire drát spolu s 10 F dilatátorem, který se zavádí do abdominální aorty. Dále pod přímým vizuálním i skiaskopickým dohledem zavedeme Amplatz Super Stiff guidewire až do proximální části descendentní hrudní aorty. Díky tuhému vodiči, jsme schopni lépe manipulovat s instrumentáriem určeným pro zavádění. Pacientovi je podáno množství heparinu, které je dané jeho hmotností a zabraňuje srážení krve, a přes Amplatz guidewire se zavede přístupový sheath, který se využije pro umístění dalších nástrojů a také následně delivery systému samotné chlopně. Tím je pracovní třísko připravené (Abri et al., 2022).

Skrz 6F sheath na nepracovní straně se do nekoronárního cípu aortální chlopně zavede dlouhý guide J-wire a přes něj 5F marker pigtail katétr, sloužící na monitoraci tlaku a provádění nástřiků kontrastní látkou. Provedeme angiogram kořene aorty tak, aby došlo k překryvu cípů (L/R), jelikož je to nejpoužívanější pohled pro implantaci. J-wire a katétr AL-1 jsou zavedeny přes TAVR sheath a umístěny nad aortální chlopní. Chlopně se následně překříží s drátem a katétr AL-1 se zavede přes rovný vodič do komory (Abri et al., 2022).

Dále provedeme předimplantační balónkovou valvuloplastiku (BAV) pomocí balónku, jehož velikost se vybírá na podkladu velikosti anulu postižené chlopně. Účelem valvuloplastiky je rozšířit kalcifikovanou oblast chlopně. Provádí se tak příprava pro adekvátní umístění protézy. Během dilatace balónu dojde k ventrikulární kardiostimulaci, přibližně 180 pulzů/minutu, což snižuje průtok krve v srdci. Pomocí skiaskopické kontroly zobrazíme správné umístění zaváděcího systému a přes katetr v levé komoře zavedeme předkřivený tuhý vodič např. Safari, Emerald SuperStiff nebo Lunderquist. Následně se chlopeň umístí do srdce pomocí zaváděcího systému. Důležitá je kontrola chlopně v hrudní aortě, kvůli správnému umístění vzhledem ke komisurám. Chlopeň dále přemístíme přes aortální oblouk v levé šikmé projekci (LAO) (Abri et al., 2022).

Provede se projekce překryvu cípu a dojde k opatrnému zavedení chlopní náhrady přes chlopeň původní. Jakmile se chlopeň začne vysouvat ven ze zaváděcího systému, je nutná rychlá stimulace srdce na 120-140 pulzů za minutu. Předejde se tak riziku posunutí chlopně daleko do aortálního kořene. Následně dojde k částečné implantaci chlopně, zhruba na 80 %, kdy se kontroluje hloubka chlopně pomocí projekce překryvu cípů. Chlopeň se během pár minut rozšiřuje a echokardiografií se znovu zhodnotí hloubka implantace jak na mitrální, tak na septální straně. V dalším kroku se provede kontrolní angiogram aortálního kořene a hemodynamické měření, pro potvrzení nepřítomnosti reziduálního gradientu nebo paravalvulárního úniku. Toto se také potvrzuje echokardiografií s použitím dopplerovského zobrazení. Poté dojde k ukončení procedury a odstranění delivery systému skrze drát s dilatátorem, aby se ProGlide mohl sesunout podél dilatátoru (Abri et al., 2022).

Abychom zabránili krvácení z cévy v místě vpichu, užijeme Rummelův turniket s ProGlide. Rummelův turniket funguje jako svorka, která dokáže cévu uzavřít a zabránit krvácení. Pacientovi se podává protamin, který obnoví schopnost srážení krve, a tím zabrání vzniku dalšího krvácení (Abri et al., 2022).

Pro uzavření cév se dnes využívají nejčastěji zařízení značky Prostar, Proglide a Manta na bázi zátky. Studie zabývající se vzniklými komplikacemi u jednotlivých značek zaznamenala, že míra závažnosti vaskulárních komplikací nebo život ohrožujícího krvácení byla výrazně nižší u Proglide v porovnání s Prostar. Mezi zařízeními Proglide a Manta nebyl zjištěn velký rozdíl. U zařízení Proglide byla zaznamenána menší míra krvácení z místa vpichu a tím nutnost podání transfuze červených krvinek. Zatímco u zařízení Manta byl zaznamenán vyšší výskyt pseudoaneuryzmat, a to kvůli neúplnému přiložení zátky, což vede k neustálému úniku do perivaskulární oblasti. U pacientů podstupující TAVR mělo zařízení Manta a Proglide podobné výsledky. Je to dáno oddělenými stehy, které jsou zavedeny nezávisle. I v případě, že

dojde k selhání tohoto systému, stále je možnost použití třetího stehu, kterým kontrolujeme krvácení. Před úplným ukončením procedury se provede závěrečná angiografie přístupové cesty a ošetření místa vstupu. V případě, že má pacient sinusový rytmus bez známek poruch vedení, vyjmeme transvenózní dočasnou stimulaci a také ošetříme místo vstupu (Sakata et al., 2023).

Fluoroskopie zůstává klíčovým prvkem pro navigaci během TAVI zákroku. Využívá se hlavně pro průběžné sledování polohy katetrů, vodičů a chlopně v reálném čase. TEE hraje důležitou roli při umísťování zařízení. Její hlavní nevýhodou je požadavek na celkovou anestezii. 3D TEE může hrát důležitou roli v navigaci, zejména při překonávání aortální chlopně, dilataci balonu, nasazení protézy a potvrzení funkce protézy, hodnocením normální pohyblivosti lístků, přítomnosti aortální regurgitace, transvalvulárních gradientů a možných komplikací, ihned po implantaci. Přítomnost kardiogenního šoku způsobeného perikardiálním výpotkem, koronární okluzí, rupturou aorty nebo hypovolémií by měla být okamžitě zdokumentována fluoroskopií a echokardiografií. Během procedury se také uplatňuje TTE k detekci komplikací a hodnocení aortální funkce. TTE je mnohdy suboptimální kvůli nutné poloze vleže na zádech, řezům hrudní stěny, hyperinflaci plic a dalších deformací (Chourdakis et al., 2018).

Postintervenční péče

Po ukončení zákroku jsou pacienti sledováni na jednotce intenzivní péče. Prvních 24 hodin po operaci jsou u pacienta velmi zásadní, abychom zabránili pooperačním komplikacím. Kontroluje se bilance tekutin, elektrokardiogram, hladina hemoglobinu, funkce ledvin a přístupová místa procedury. Důležitá je hydratace pacienta fyziologickým roztokem, aby se rychleji vyloučila kontrastní látka z těla ven a zároveň nebyl příjem tekutin vyšší než jejich výdej. Použití kontrastní látky může někdy vést ke vzniku kontrastní nefropatie. Projevuje se zvýšenou hladinou kreatininu v krvi a může indikovat poškození ledvin. Proto se doporučuje dodržovat pravidelné kontroly po propuštění. Pro kontrolu hemoglobinu je potřeba provést kompletní krevní obraz, kde zjišťujeme hodnotu jeho poklesu. Za standardní hodnotu snížení hladiny hemoglobinu se považuje 1-2 g/dl. Odstranění močového katétru a časná mobilizace, díky uzávěru cévního řečiště, je prvním krokem ke zkrácení hospitalizace. Pokud dojde k poruše vedení, způsobené nejčastěji blokádou levého Tawarova raménka nebo atrioventrikulární blokádou, je nutná implantace trvalého kardiostimulátoru (Tamburino et al., 2020).

4.4 Komplikace

Periprocedurální komplikace TAVI – přístupy

Nejčastějším zvoleným přístupem u TAVI metody je přístup transfemorální, který je spojený až v 16 % případů s vaskulárními komplikacemi. Lze je rozdělit na komplikace krvácivé, disekce a cévní okluze po odstranění zaváděcího pouzdra. Během před intervenčního zobrazovacího vyšetření je důležité sledovat poměr mezi velikostí lumen sheathu a tepny, obvodovou kalcifikaci a závažné tortuosity, abychom mohli zvolit adekvátní přístupovou cestu. V případě, že se kalcifikace vyskytují kolem místa vpichu a v blízkosti femorální bifurkace, bývá upřednostněn chirurgický přístup. Mnoho krvácivých komplikací se dá vyřešit perkutánním způsobem. Je potřeba zajistit neustálý přístup zvolené arterie, díky čemuž lze zavést tzv. occlusion balloon katetr nebo stentgraft (Möllmann et al., 2015).

Ke komplikacím u transapikálního přístupu dochází pouze zřídka. Podle registru Source bylo zaznamenáno z celkového počtu 1394 případů pouze 5 závažných událostí. Samotný apikální přístup lze tedy považovat za bezpečný. Nicméně chirurgická expozice může vést k sekundárnímu krvácení, která vyžaduje opětovnou torakotomii, což bylo hlášeno v 1,3-4,4 % případů. Krvácení často vychází z mezižeberního svalstva, cév anebo vlivem zlomeného žebra. Chirurgický zákrok v případě roztržení apikální oblasti může být velmi náročný, zejména pokud je zasažena křehká tkáň nebo hypertrofovaná levá komora. V tomto případě je nutný kardiopulmonální bypass pro odlehčení levé komory a defekt je pomocí hlubokých stehů opraven. K redukci chirurgického traumatu a následných komplikací při transapikálním přístupu se začalo používat tzv. non – ribspreading technika, která se vyhýbá Kokovým retraktorům a vkládá pouze měkko – tkáňový retraktor (Möllmann et al., 2015).

Komplikace spojené s transradiálním přístupem (TRA) se vyskytují vzácně a obvykle nemají velký klinický dopad, proto jsou často přehlíženy a nedostatečně diagnostikovány. Prvním příkladem je spasmus radiální tepny, který řadíme mezi běžné komplikace během TRA přístupu. Traumatické zavádění a nesprávná manipulace s katetry může vést k pozastavení této metody. Spasmus se obvykle projevuje bolestí v předloktí, zejména při odporu proti zaváděcímu vodiči, pouzdra nebo katetru a zhoršuje manipulaci s nimi. Predispozicí k tomuto jevu mohou být malé a vinuté radiální tepny, použití velkých katetrů a malá zkušenost operátora. Bylo prokázáno, že k léčbě a prevenci spasmu jsou účinné vazodilatátory jako jsou nitráty a blokátory vápníkových kanálů nebo použití hydrofilních katetrů (Alkagiet et al., 2021).

Arteriální perforace je poměrně vzácná komplikace, která postihuje obvykle radiální nebo brachiální tepnu a vyskytuje se častěji u starších žen. V případě, že nedojde k včasnému

rozpoznání a léčbě arteriální perforace, může zapříčinit vážné komplikace. Klinicky se projevuje vzniklým hematodem v oblasti paže a předloktí. Arteriální perforace může vést k tzv. kompartment syndromu. Jedná se o vzácnou a kritickou komplikaci, u které je nutný urgentní chirurgický zákrok s fasciotomií. Uvnitř končetiny dochází k náhlému zvýšení tlaku, což může poškodit svaly a nervy a způsobit problémy s průtokem krve. Pokud se povede vodič posunout proximálně k lézi, lze rupturu uzavřít pomocí delších sheathů, vodičích katetrů nebo nafouknutím balónku (Alkagiet et al., 2021).

Disekce radiální tepny může nastat v důsledku poškození cévy během zavádění instrumentária. Následná léčba je podobná jako u perforace radiální tepny, kdy se disekce uzavře pomocí vodiče nebo sheathu. Další komplikací mohou být anomálie radiální tepny, které komplikují postup procedury a nesou vyšší riziko selhání zákroku a nutnost přejít na jiný přístupový bod. Jednou z nejčastějších anomálií je vysoká bifurkace radiálního počátku, dále také tortuozita radiální tepny, radiální ateroskleróza a v neposlední řadě tzv. kinking (zauzlení) katetru (Sandoval et al., 2019).

Postprocedurální komplikace TAVI – přístupy

Nejčastější postprocedurální komplikací spojenou s TRA je okluze radiální tepny (RAO) s incidencí kolem 1-12 % podle současných registrů. RAO nastává do 24 hodin po zákroku, ale zhruba v polovině případů může dojít k její spontánní rekanalizaci do tří měsíců. Patogeneze RAO zahrnuje poškození cévní stěny při opakovaném vkládání sheathu a následnou trombózu. RAO je většinou bezpříznaková díky dvojitému zásobení ruky prostřednictvím radiálních a ulnárních tepen. Diagnostika RAO je prováděná pomocí zobrazovacích technik, včetně Dopplerova ultrazvuku a angiografie. Ženy, osoby s periferními arteriálními onemocněními, kuřáci a jedinci s cukrovkou mají větší sklon k vývoji RAO. Pro prevenci je důležité použití menších sheathů, adekvátní antikoagulace a patentní hemostáza. Zachování průchodnosti radiální tepny po TRA, nutnou pro potenciální budoucí využití v kardiologických zákrocích, provedeme pomocí klinických testů (např. Allenův test) a Dopplerova vyšetření, které umožňuje vyhodnotit příčinu a zároveň i průtok krve cévou (Alkagiet et al., 2021).

Hematomy se klasifikují celkem do 5 stupňů podle závažnosti. Pátý stupeň je nejhorší, jelikož hrozí vznik ischemie, což se označuje jako kompartment syndrom. Jedná se o vzácný druh hematomu s nutností chirurgického zákroku. U hematomů je důležitá včasná detekce, díky které je možné jeho progresi korigovat a předejít závažným komplikacím. U pacientů s malými hematomy u místa vstupu je nutná kontrola umístění kompresního zařízení, případně je potřeba jeho proximální repozice nebo použití dalšího zařízení. Pro kontrolu krvácení a možnosti zhoršení stavu hematomu se používá kompresní obvaz. V případě velkých hematomů by měl

být okamžitě nafouknutý tlakoměr na paži pro dosažení hemostázy. V lepších případech je konzervativní léčba hematomů dostačující a zabraňuje vzniku dalších komplikací (Sandoval et al., 2019).

Pseudoaneurysma se řadí mezi vzácné cévní komplikace, která se projevuje jako velký pulzující otok nad místem vpichu. Rizikové faktory pro vznik pseudoaneuryzmat zahrnují systémovou antikoagulaci, nedostatečnou kompresi po zákroku, infekci a opakované arteriální punkce. Přítomnost pseudoaneurysma se potvrdí ultrazvukem a možnosti léčby obvykle zahrnují kompresi pomocí radiálního hemostatického zařízení, ultrazvukem řízenou kompresi, injekci trombinu nebo chirurgickým způsobem (Sandoval et al., 2019).

Arteriovenózní píštěl je velice vzácný případ komplikace. Projevuje se typickými bolestivými otoky v oblasti vpichu, hmatatelným pulzem, rozšířenou povrchovou žilou a určitým diskomfortem. Léčí se konzervativně, pomocí dlouhodobé komprese s použitím hemostatické bandáže, perkutánní léčbou za pomoci speciálních stenů a v některých případech je potřeba komplikaci řešit i chirurgickou cestou (Alkagiet et al., 2021).

Autoři tohoto článku tvrdí, že neokluzivní poranění radiální tepny by mělo být považováno za předpokládanou anatomickou a funkční kaskádu, vzniklou na základě nevyhnutelného poranění stěny tepny během punkce a zavádění sheathu. Toto poranění vede k intimální hyperplazii, která lze zjistit pomocí intravaskulárního ultrazvuku, a znovu obnovení cévy. Některé studie dokonce tvrdí, že za pomoci optické koherenční tomografie (OCT) byla prokázána akutní radiální poranění u většiny pacientů po TRA. Prasklina intimy se ukázala u 67 % pacientů a mediální disekce se vyskytla u 36 %, včetně značného zesílení intimy, které bylo výraznější po opakovaných TRA zákrocích. Kromě toho bylo zjištěno, že vazodilatace radiální tepny je 9 týdnů po TRA výrazně oslabena (Alkagiet et al., 2021).

Sterilní granulom je komplikace, která nastává zejména při použití hydrofilních sheathů. Prokázala to studie, která zkoumala následky jejich využití a potvrdila komplikace až u 2,8 % pacientů. Naopak u sheathu bez hydrofilního povlaku nebyly hlášeny žádné případy. Sterilní granulom se obvykle objevuje 2-3 týdny po zákroku a projevuje se lokální reakcí na cizí těleso nebo dokonce tvorbou abscesu, pokud nebyla účinná počáteční empirická antibiotická terapie. Patogenezi byla zjištěna chronická zánětlivá reakce a fibróza spolu s agregací obřích buněk kolem cizího tělesa (Alkagiet et al., 2021).

Systémové komplikace TAVI

Srdeční tamponáda se vyskytuje s vyšší pravděpodobností u retrogradních transvaskulárních přístupů než u transapikálního přístupu. Existují tři hlavní patofyziologické situace, které mohou vést k této závažné komplikaci. První z jich je prasknutí anulu nebo kořene

aorty během balonové valvuloplastiky a implantace chlopně s následným arteriálním krvácením do osrdečníku. Druhá situace nastane při perforaci pravé komory, která je způsobená zavedenou elektrodou dočasné stimulace srdeční. Poslední možností je perforace levé komory extra tuhým vodičem během jeho umístění nebo později v průběhu procedury. Pokud dojde k srdeční tamponádě, prvním rozpoznávacím parametrem je, že dojde k rychlému poklesu krevního tlaku. Lze ji snadno diagnostikovat, pokud je intervence provedena v celkové anestezii s TEE sondou již na místě. Jinak by měla být provedena TTE co nejrychleji. Jakmile je srdeční tamponáda diagnostikována, je naprosto nezbytné nejprve identifikovat její příčinu (Möllmann et al., 2015).

Disekce a prasknutí aorty, zejména aortálního anulu, jsou katastrofální a vysoce život ohrožující komplikace. I když se výskyt pohybuje pod 2 %, klinický dopad je ničivý, s úmrtností až 50 % u aortálních disekcí. Rizikové faktory zahrnují balon – expandibilní chlopně a delivery systém, který může způsobit poškození aortálního kořene. Ruptura aortálního anulu, vyžadující chirurgický zákrok, je často způsobena především nadměrnou velikostí chlopně nebo přítomností kalcifikací v oblasti anulu. Disekce sestupné i břišní aorty je vzácná a vyžaduje okamžitý endovaskulární nebo chirurgický zásah. Většina center stále spoléhá na periprocedurální TEE nebo angiografii, díky kterým lze urychlit diagnózu, pokud se jedná o rané stádium (Mach et al., 2021).

Uzávěr koronárního ústí během implantace je vysoce život ohrožující situace, která se vyskytuje v 0,2-0,4 % případů. Hlavní příčinou uzávěru jsou kalcifikace v oblasti nativních srdečních listů, které jsou následně přetlačeny přes ostium koronárních tepen. Bylo dokázáno, že se tento případ vyskytuje častěji u chlopně Edwards Sapien než u chlopně Medtronic CoreValve. Je to z toho důvodu, že chlopně Edwards Sapien nemá tvar přesýpacích hodin, a proto je více náchylná k posunu nativních listů nad ústí. Mezi hlavní predispozice pro vznik koronárních obstrukcí jsou mělké dutiny spolu s úzkým kořenem aorty, ostium v těsné blízkosti prstence a objemné kalcifikace pravého a levého plátu (Möllmann et al., 2015).

Regurgitace aorty (AR) se vyskytuje ve formě transvalvulární nebo paravalvulární. Transvalvulární AR se vyskytuje vzácně, a to vzniklou dysfunkcí srdečních cípů během implantace, a to zejména předimenzováním. Častější formou je paravalvulární AR. Nastává tehdy, když dojde k nedokonalému uzavření mezi protézou a tkáněmi. Aortální prstenec má excentrický tvar nebo jeho určitá oblast je vysoce kalcifikovaná. Posledním důvodem vzniku je špatné umístění celého systému v axiálním nebo transverzálním směru (Möllmann et al., 2015).

Častým problémem u TAVI zákroku je porucha vedení vzruchu, což vyžaduje implantaci trvalého kardiostimulátoru (PPM). Aortální prstenec se během implantace dostává do těsné

blízkosti atrioventrikulárního systému, čímž dojde k narušení vedení vzruchu. Nutnost implantace PPM závisí také na typu použité chlopně. Studie ukazují, že u typu chlopně Medtronic Corevalve je nutné zavedení PPM až ve 24–33 % případů. Mezi nejčastější příčiny implantace řadíme kompletní atrioventrikulární blokádu, bradykardii, blokádu levého Tawarova raménka a trifascikulární blokádu. Studie z roku 2021 dokazuje, že implantace PPM je až o 16% vyšší u mužů. Toto lze vysvětlit zvýšenou prevalencí základních komorbidit, což může vystavuje zvýšenému riziku procedurálních komplikací, ale také hraje roli relativně větší velikost náhrady chlopně (Ullah et al., 2021).

Akutní poškození ledvin (AKI) po TAVI je u pacientů velmi častá a zároveň spojená se zvýšenou morbiditou a mortalitou. Nicméně existují diskuse, zda AKI ovlivňuje celkovou prognózu, neboť je spojeno s předchozím chronickým onemocněním ledvin (CKD) a komplikacemi způsobenými krvácením. Před a po zákroku je nutná monitorace hladiny kreatininu a celkový stav ledvin. Důležité je také minimalizovat riziko AKI, což zahrnuje opatrnost při používání jodových kontrastních látek a prevenci krvácení. Podle výsledů studie při srovnání mortality mezi radiálním a femorálním přístupem byl hlavní přínos radiálního přístupu v prevenci AKI, nikoli ve snížení míry krvácení (Crimi et al., 2022).

Cévní mozková příhoda (CMP) je považována za jednu z nejzávažnějších komplikací po TAVI a je spojena s nepříznivou prognózou. Vliv přístupové cesty na riziko mrtvice stále není známý. Ačkoliv existují protichůdné údaje o vlivu přístupové cesty na riziko CVS, je důležité zvážit všechny faktory, včetně anatomie pacienta a zkušeností lékařského týmu, při volbě mezi transapikálním a transfemorálním přístupem. Ve srovnání s konvenční náhradou aortální chlopně bylo dokázáno, že TAVI nemá horší výsledky, co se týče neurologických nežádoucích účinků. Některé studie uvádí výskyt mozkových lézí až u 84 % pacientů, které dokáže zaznamenat MRI a popřípadě indikovat CMP. K zabránění CMP je vhodné co nejméně manipulovat s aortálním obloukem a aortální chlopní. Z toho vyplývá, že by se měla omezit balonová angioplastika nebo konzervativní postdilatace, abychom snížili riziko uvolnění embolů do krevního oběhu během zákroku (Möllmann et al., 2015).

ZÁVĚR

V rámci této bakalářské práce jsem komplexně rozebrala téma zabývající se transkatetrovou implantací aortální chlopně. Jedná se o metodu, která představuje revoluční přístup v léčbě AS. Cílem bakalářské práce bylo shrnout aktuální dohledané publikované poznatky o využití zobrazovacích metod během metody TAVI. Hlavní cíl byl dále rozdělen do tří dílčích cílů.

Prvním dílčím cílem bylo sumarizovat aktuální dohledatelné publikované poznatky o historii a vývoji TAVI, od jejich počátků až po současné postavení jako preferované léčebné možnosti pro mnohé pacienty. Byl zde popsán rostoucí význam této metody vzhledem k její schopnosti poskytnout efektivní léčebnou alternativu pro pacienty, kteří jsou považováni za nevhodné kandidáty pro tradiční chirurgický zákrok z důvodu vysokého operačního rizika nebo jiných komorbidit.

Druhým dílčím cílem bylo sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o využití zobrazovacích metod u TAVI. Dohledané informace jasně naznačují nezbytný přínos zobrazovacích metod pro úspěšné provedení procedury, a tím tak minimalizovat rizika komplikací. Byly zde prozkoumány klíčové techniky jako je echokardiografie, CT angiografie a fluoroskopie, jejichž role v přesné diagnostice, plánování a provedení procedury je nezastupitelná. V tomto dílčím cíli se zaměřujeme na podrobný popis využití jednotlivých metod v době předoperační, intraoperační a pooperační. Umožňují detailní hodnocení anatomie, srdečních struktur, což je klíčové pro výběr náhrady chlopně a také pro výběr přístupové cesty. Dále usnadňují přesnou navigaci a vizualizaci struktur, včasnou detekci a prevenci vzniku komplikací, hodnocení výsledků procedury a dlouhodobé sledování funkce aortální chlopně.

Třetím dílčím cílem bylo sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o současném využití TAVI a o průběhu samotné procedury. Tento úsek poskytl také jednotlivá kritéria týkající se výběru pacienta pro TAVI a řešila se zde otázka rozšíření indikací na základě nejnovějších klinických studií a pokroků v technologii. Přesto že se jedná o velice přínosnou metodu, přináší s sebou možné komplikace a rizika. Byly zde zmíněny typické komplikace jako je paravalvulární únik, problémy s vaskulárním přístupem, riziko embolie a potencionální poškození okolních struktur. Velká pozornost byla věnována podrobnému postupu procedury včetně předintervenční a postintervenční péče.

Bakalářská práce poskytuje ucelený pohled na klíčové aspekty spojené s TAVI procedurou, což může sloužit jako významný zdroj informací nejen pro zdravotnické

odborníky, ale i pro studenty, kteří chtějí lépe porozumět pokrokům v kardiologické chirurgii a intervenční kardiologii, a v neposlední řadě může pomoci pacientům čelící rozhodnutí o léčbě aortální stenózy.

REFERENČNÍ SEZNAM

Abri, Q. A., Reardon, M. J., & C. Wyler von Ballmoos, M. (2022). Step-by-Step Transcatheter Aortic Valve Replacement with a Self-Expanding Valve (Version 1). CTSNet, Inc. <https://doi.org/10.25373/ctsnet.19858030.v1>

Aldoori, J. S., Mohammed, A. I., Landt, M., Sulimov, D., Kebernik, J., Allali, A., Becker, B., Toelg, R., Richardt, G., & Abdel-Wahab, M. (2019). Transradial approach for coronary angiography and percutaneous coronary intervention: personal experience. *The Egyptian Heart Journal*, 71(1), 1667-1673. <https://doi.org/10.1186/s43044-019-0006-2>

Alkagiet, S., Petroglou, D., Nikas, D. N., & Kolettis, T. M. (2021). Access-site Complications of the Transradial Approach: Rare But Still There. *Current Cardiology Reviews*, 17(3), 279-293. <https://doi.org/10.2174/1573403X16999200819101923>

Andersen, H. R. (2021). How Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI) Was Born: The Struggle for a New Invention. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.722693>

Barbanti, M., Todaro, D., Costa, G., Pilato, G., Picci, A., Gulino, S., Capranzano, P., La Spina, K., Di Simone, E., D'Arrigo, P., Deste, W., Indelicato, A., Cannata, S., Giannazzo, D., Immè, S., Tamburino, C., Patanè, M., Buccheri, S., Capodanno, D., et al. (2017). Optimized Screening of Coronary Artery Disease With Invasive Coronary Angiography and Ad Hoc Percutaneous Coronary Intervention During Transcatheter Aortic Valve Replacement. *Circulation: Cardiovascular Interventions*, 10(8). <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.117.005234>

Bolognese, L., & Reccia, M. R. (2022). Computed tomography to replace invasive coronary angiography? The DISCHARGE trial. *European Heart Journal Supplements*, 24(Supplement_I), I25-I28. <https://doi.org/10.1093/eurheartjsupp/suac067>

Branny, M., Indrák, J., Černý, J., Vodzinská, A., Nykl, I., & Januška, J. (2008). Radiální přístup pro koronární angiografii a perkutánní koronární intervenci. *Interv Akut Kardiolog*, 7, 60-64.

Buszman, P. P., Kachel, M., Ceballos, C. F., Łukasik, K., Domaradzki, W., Pruski, M., Tellez, A., Rousselle, S., Konopko, M., Glanc, M., Kaźmierczak, P., Milewski, K. P., & Buszman, P. E. (2022). 6-Month Evaluation of a Transcatheter Aortic Valve (Myval) in a Novel Ovine, Buszman, P. P., Kachel, M., Ceballos, C. F., Łukasik, K., Domaradzki, W., Pruski, M., Tellez, A., Rousselle, S., Konopko, M., Glanc, M., Kaźmierczak, P., Milewski, K. P., & Buszman, P. E. (2022). 6-Month Evaluation of a Transcatheter Aortic Valve (Myval) in a Novel Ovine, Supra-Aortic Banding Model. *JACC: Basic to Translational Science*, 7(5), 486-495. <https://doi.org/10.1016/j.jacbts.2022.01.008>

Cafaro, A., Spione, F., Burattini, O., De Feo, D., Xhelo, A., Palmitessa, C., D'Alessandro, M., Amendola, V. P., Rimmaudo, F., Guaricci, A. I., Bortone, A. S., Pestrighella, V., Contegiacomo, G., Tesorio, T., Colonna, G., & Iacovelli, F. (2023). Fluoroscopy Time as a New Predictor of Short-Term Outcomes after Transcatheter Aortic Valve Replacement: Transesophageal or Transthoracic Echocardiography, or Just Fluoroscopy? *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 10(11), 361-370. <https://doi.org/10.3390/jcdd10110459>

Carasso, S., Amy, D. P. B., Kusniec, F., Ghanim, D., Sudarsky, D., Kinany, W., Shmuel, C., Abu El-Naaj, I., Kachel, E., & Amir, O. (2019). Dental screening prior to valve interventions: Should we prepare transcatheter aortic valve replacement candidates for “surgery”? *International Journal of Cardiology*, 294(1), 23-26. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2019.07.081>

Cocchia, R., D'Andrea, A., Conte, M., Cavallaro, M., Riegler, L., Citro, R., Sirignano, C., Imbriaco, M., Cappelli, M., Gregorio, G., Calabrò, R., & Bossone, E. (2017). Patient selection for transcatheter aortic valve replacement: A combined clinical and multimodality imaging approach. *World Journal of Cardiology*, 9(3). <https://doi.org/10.4330/wjc.v9.i3.212>

Cribier, A. (2022). Looking back to the early phase of TAVI development: The long journey from concept to clinical application. *Archives of Cardiovascular Diseases*, 115(4), 193-195. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2022.03.002>

Crimi, G., De Marzo, V., De Marco, F., Conrotto, F., Oreglia, J., D'Ascenzo, F., Testa, L., Gorla, R., Esposito, G., Sorrentino, S., Spaccarotella, C., Soriano, F., Bruno, F., Vercellino, M.,

Balbi, M., Morici, N., Indolfi, C., De Ferrari, G. M., Bedogni, F., et al. (2022). Acute Kidney Injury After Transcatheter Aortic Valve Replacement Mediates the Effect of Chronic Kidney Disease. *Journal of the American Heart Association*, *11*(19). <https://doi.org/10.1161/JAHA.121.024589>

de Jaegere, P., de Ronde, M., den Heijer, P., Weger, A., & Baan, J. (2020). The history of transcatheter aortic valve implantation: The role and contribution of an early believer and adopter, the Netherlands. *Netherlands Heart Journal*, *28*(S1), 128-135. <https://doi.org/10.1007/s12471-020-01468-0>

Dulgheru, R., Pibarot, P., Sengupta, P. P., Piérard, L. A., Rosenhek, R., Magne, J., Donal, E., Bernard, A., Fattouch, K., Cosyns, B., Vannan, M., Gillam, L., & Lancellotti, P. (2016). Multimodality Imaging Strategies for the Assessment of Aortic Stenosis. *Circulation: Cardiovascular Imaging*, *9*(2). <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.115.004352>

El-Mawardy, M., Schwarz, B., Landt, M., Sulimov, D., Kebernik, J., Allali, A., Becker, B., Toelg, R., Richardt, G., & Abdel-Wahab, M. (2017). Impact of femoral artery puncture using digital subtraction angiography and road mapping on vascular and bleeding complications after transfemoral transcatheter aortic valve implantation: All Transfemoral? Update on Peripheral Vascular Access and Closure. *EuroIntervention*, *12*(13), 1667-1673. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-15-00412>

Francone, M., Budde, R. P. J., Bremerich, J., Dacher, J. N., Loewe, C., Wolf, F., Natale, L., Pontone, G., Redheuil, A., Vliegenthart, R., Nikolaou, K., Gutberlet, M., & Salgado, R. (2020). CT and MR imaging prior to transcatheter aortic valve implantation: standardisation of scanning protocols, measurements and reporting—a consensus document by the European Society of Cardiovascular Radiology (ESCR). *European Radiology*, *30*(5), 2627-2650. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06357-8>

FRANCONE, Marco, Ricardo P. J. BUDDE, Jens BREMERICH, et al. CT and MR imaging prior to transcatheter aortic valve implantation: standardisation of scanning protocols, measurements and reporting—a consensus document by the European Society of Cardiovascular Radiology (ESCR). *European Radiology* [online]. 2020, **30**(5), 2627-2650 [cit. 2024-04-17]. ISSN 0938-7994. Dostupné z: [doi:10.1007/s00330-019-06357-8](https://doi.org/10.1007/s00330-019-06357-8)

- Généreux, P., & Iung, B. (2022). TAVI in asymptomatic patients with severe aortic stenosis: pros and cons. *EuroIntervention*, *18*(10), 793-795. <https://doi.org/10.4244/EIJ-E-22-00043>
- Hussain, M. A., & Nabi, F. (2017). Complex Structural Interventions: The Role of Computed Tomography, Fluoroscopy, and Fusion Imaging. *Methodist DeBakey cardiovascular journal*, *13*(3), 98–105. <https://doi.org/10.14797/mdcj-13-3-98>
- Chotnoppharatphatthara, P., Yoodee, V., Taesotikul, S., Yadee, J., & Permsuwan, U. (2023). Transcatheter aortic valve implantation in patients with severe symptomatic aortic valve stenosis: systematic review of cost-effectiveness analysis. *The European Journal of Health Economics*, *24*(3), 359-376. <https://doi.org/10.1007/s10198-022-01477-3>
- Chourdakis, E., Koniari, I., Kounis, N. G., Velissaris, D., Koutsogiannis, N., Tsigkas, G., Hauptmann, K. E., Sontag, B., & Hahalis, G. (2018). The role of echocardiography and CT angiography in transcatheter aortic valve implantation patients. *Journal of geriatric cardiology : JGC*, *15*(1), 86–94. <https://doi.org/10.11909/j.issn.1671-5411.2018.01.006>
- Ina Tamburino, C., Barbanti, M., & Tamburino, C. (2020). Transcatheter aortic valve implantation: how to decrease post-operative complications. *European Heart Journal Supplements*, *22*(Supplement_E), E148-E152. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/suaa081>
- Indraratna, P., Ang, S. C., Gada, H., Yan, T. D., Manganas, C., Bannon, P., & Cao, C. (2014). Systematic review of the cost-effectiveness of transcatheter aortic valve implantation. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *148*(2), 509-514. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.10.023>
- Kachel, M., Milewski, K., Buszman, P., Michalak, M., Domaradzki, W., Gerber, W., Śliwka, J., Nożyński, J., Sobota, M., Hirnle, P., Białek-Brodocz, M., Zembala, M., Pawlak, M., Płowiecki, E., Kasperczyk, J., Mężyk, A., Bochenek, A., & Buszman, P. (2017). State-of-the-art of transcatheter treatment of aortic valve stenosis and the overview of the InFlow project aiming at developing the first Polish TAVI system. *Cardiology Journal*, *24*(6), 685-694. <https://doi.org/10.5603/CJ.a2017.0134>
- Kočka, V. (2015). The coronary angiography - An old-timer in great shape. *Cor et Vasa*, *57*(6), e419-e424. <https://doi.org/10.1016/j.crvasa.2015.09.007>

KRAMER, Christopher M., Jörg BARKHAUSEN, Chiara BUCCIARELLI-DUCCI, et al. Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols: 2020 update. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* [online]. 2020, **22**(1), 2627-2650 [cit. 2024-04-17]. ISSN 10976647. Dostupné z: doi:10.1186/s12968-020-00607-1

Litmanovich, D. E., Ghersin, E., Burke, D. A., Popma, J., Shahrzad, M., & Bankier, A. A. (2014). Imaging in Transcatheter Aortic Valve Replacement (TAVR): role of the radiologist. *Insights into Imaging*, 5(1), 123-145. <https://doi.org/10.1007/s13244-013-0301-5>

Mach, M., Okutucu, S., Kerbel, T., Arjomand, A., Fatihoglu, S. G., Werner, P., Simon, P., & Andreas, M. (2021). Vascular Complications in TAVR: Incidence, Clinical Impact, and Management. *Journal of Clinical Medicine*, 10(21). <https://doi.org/10.3390/jcm10215046>

Melidi, E., Latsios, G., Toutouzas, K., Vavouranakis, M., Tolios, I., Gouliami, M., Gerckens, U., & Tousoulis, D. (2016). Cardio-anesthesiology considerations for the trans-catheter aortic valve implantation (TAVI) procedure. *Hellenic Journal of Cardiology*, 57(6), 401-406. <https://doi.org/10.1016/j.hjc.2016.10.001>

Modine, T., Corona, S., & Mack, M. (2022). TAVI: From concept to success. The story from a surgeon's point of view. Thoughts from three generations. *Archives of Cardiovascular Diseases*, 115(4), 231-234. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2022.04.003>

Möllmann, H., Kim, W. -K., Kempfert, J., Walther, T., Hamm, C., Chmielak, Z., Kuśmierski, K., Hryniewiecki, T., Demkow, M., & Stępińska, J. (2015). Complications of transcatheter aortic valve implantation (TAVI): how to avoid and treat them. *Heart*, 101(11), 900-908. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2013-304708>

Onishi, T., Sengoku, K., Ichibori, Y., Mizote, I., Maeda, K., Kuratani, T., Sawa, Y., & Sakata, Y. (2018). The role of echocardiography in transcatheter aortic valve implantation. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*, 8(1), 3-17. <https://doi.org/10.21037/cdt.2018.01.06>

Park, S. M., Kim, H. C., Lee, M. S., Kim, C. Y., Kebernik, J., Allali, A., Becker, B., Toelg, R., Richardt, G., & Abdel-Wahab, M. (2020). A randomized comparison of estimated radiation

exposure between Low and conventional dose protocol during invasive coronary angiography (ERICA trial): Pilot study. *European Journal of Radiology*, 129(1), 1667-1673. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109120>

Perrin, N., Bonnet, G., Leroux, L., Ibrahim, R., Modine, T., & Ben Ali, W. (2021). Transcatheter Aortic Valve Implantation: All Transfemoral? Update on Peripheral Vascular Access and Closure. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.747583>

Procházka, V., & Čížek, V. (c2012). *Vaskulární diagnostika a intervenční výkony*. Maxdorf.

Radhakrishnan, S. L., Ho, K. K. L., Kusniec, F., Ghanim, D., Sudarsky, D., Kinany, W., Shmuel, C., Abu El-Naaj, I., Kachel, E., & Amir, O. (2020). Transradial vs transfemoral secondary access outcomes in transcatheter aortic valve implantation: A systematic review and meta-analysis. *World Journal of Cardiology*, 12(11), 571-583. <https://doi.org/10.4330/wjc.v12.i11.571>

Rajput, F. A., & Zeltser, R. (2023). Aortic Valve Replacement. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

REINDL, Martin, Ivan LECHNER, Magdalena HOLZKNECHT, et al. Cardiac Magnetic Resonance Imaging Versus Computed Tomography to Guide Transcatheter Aortic Valve Replacement: A Randomized, Open-Label, Noninferiority Trial. *Circulation* [online]. 2023, 2023-10-17, 148(16), 1220-1230 [cit. 2024-04-17]. ISSN 0009-7322. Dostupné z: [doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.123.066498](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.123.066498)

Rossi, A., De Cecco, C. N., Kennon, S. R. O., Zou, L., Meinel, F. G., Toscano, W., Segreto, S., Achenbach, S., Hausleiter, J., Schoepf, U. J., & Pugliese, F. (2017). CT angiography to evaluate coronary artery disease and revascularization requirement before trans-catheter aortic valve replacement. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, 11(5), 338-346. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2017.06.001>

Saikrishnan, N., Kumar, G., Sawaya, F. J., Lerakis, S., & Yoganathan, A. P. (2014). Accurate Assessment of Aortic Stenosis. *Circulation*, 129(2), 244-253. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.002310>

Sakata, T., Kuno, T., Fujisaki, T., Yokoyama, Y., Misumida, N., Sugiura, T., & Latib, A. (2023). Selection of Vascular Closure Devices in Transcatheter Aortic Valve Replacement: Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Cardiovascular Revascularization Medicine*, 46, 78-84. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2022.08.011>

Salemi, A., & Worku, B. M. (2017). Standard imaging techniques in transcatheter aortic valve replacement. *Journal of Thoracic Disease*, 9(S4), S289-S298. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.03.114>

Sandoval, Y., Bell, M. R., & Gulati, R. (2019). Transradial Artery Access Complications. *Circulation: Cardiovascular Interventions*, 12(11). <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.119.007386>

Soschynski, M., Capilli, F., Ruile, P., Neumann, F. -J., Langer, M., & Krauss, T. (2018). Post-TAVI Follow-Up with MDCT of the Valve Prosthesis: Technical Application, Regular Findings and Typical Local Post-Interventional Complications. *RöFo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren*, 190(06), 521-530. <https://doi.org/10.1055/s-0043-124190>

Steinhart, L., Pudil, R., & Endrys, J. (2012). *Úloha prostého snímku hrudníku v kardiologii*. Nucleus HK.

Supra-Aortic Banding Model. *JACC: Basic to Translational Science*, 7(5), 486-495. <https://doi.org/10.1016/j.jacbts.2022.01.008>

Štejfa, M. (2007). *Kardiologie* (3., přeprac. a dopl. vyd). Grada.

Štípal, R., & Miklík, R. Jak připravit pacienta ke koronarografii? *Interní medicína pro praxi*, 2013(15(11-12), 365-367. <https://www.internimedica.cz/pdfs/int/2013/11/10.pdf>

Toggweiler, S., Leipsic, J., Binder, R. K., Freeman, M., Barbanti, M., Heijmen, R. H., Wood, D. A., & Webb, J. G. (2013). Management of Vascular Access in Transcatheter Aortic Valve Replacement: All Transfemoral? Update on Peripheral Vascular Access and Closure. *JACC: Cardiovascular Interventions*, 6(7), 643-653. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2013.04.003>

Ullah, W., Zahid, S., Zaidi, S. R., Sarvepalli, D., Haq, S., Roomi, S., Mukhtar, M., Khan, M. A., Gowda, S. N., Ruggiero, N., Vishnevsky, A., & Fischman, D. L. (2021). Predictors of Permanent Pacemaker Implantation in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement - A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Heart Association*, *10*(14). <https://doi.org/10.1161/JAHA.121.020906>

Windecker, S., Okuno, T., Unbehaun, A., Mack, M., Kapadia, S., & Falk, V. (2022). Which patients with aortic stenosis should be referred to surgery rather than transcatheter aortic valve implantation? *European Heart Journal*, *43*(29), 2729-2750. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac105>.

Zhang, X., Puehler, T., Frank, D., Sathananthan, J., Sellers, S., Meier, D., Both, M., Blanke, P., Seoudy, H., Saad, M., Müller, O. J., Sondergaard, L., & Lutter, G. (2022). TAVR for All? The Surgical Perspective. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, *9*(7). <https://doi.org/10.3390/jcdd9070223>

SEZNAM ZKRATEK

AKI	Akutní poškození ledvin
AR	Regurgitace aorty
AS	Aortální stenóza
AU	Agatsonova jednotka
BAV	Aortální balónková valvuloplastika
BAV	Bikuspidální aortální chlopeň
CAD	Coronary artery disease
CE	Conformité européenne
CKD	Chronické onemocnění ledvin
CMP	Cévní mozková příhoda
CT	Compacted tomography
CTA	Computed tomography angiography
CVS	Cerebrovascular stroke
DA	Digitální angiografie
DSA	Digitální subtrakční angiografie
EKG	Elektrokardiografie
FDA	Úřad pro kontrolu potravin a léčiv
ICHS	Ischemická choroba Srdeční
JJ	Jonson&Jonson
LAO	Left anterior oblique
LK	Levá komora
LLAT	Left lateral
LVOT	Výtokový trakt levé komory

MDCT	Výpočetní multidetektorová tomografie
THV	Transcatheter aortic valve
OCT	Optická koherenční tomografie
PPM	Trvalý kardiostimulátor
PVL	Paravalvulární regurgitace
PVT	Percutaneous Valve Technologies Inc
RAO	Okluze radiální tepny
RTG	Rentgenové
SAVR	Surgical aortic valve replacement
SKG	Selektivní koronarografie
TAVI/TAVR	Transcatheter aortic valve implantation
TEE	Transezofageální echokardiografie
TRA	Transradiální přístup
TTE	Trantorakální echokardiografie
SKG	Selektivní koronarografie
PCI	Perkutánní koronární intervence
IE	Infekční echokarditida
ESCR	Evropská společnost radiologie
MRA	Magnetic resonance angiography
MRI	Magnetic resonance imaging
FLASH MRA	Fast low-angle shot
KL	Kontrastní látka
AP	Anteroposteriorní
CAUD	Caudální

RAO	Right Anterior Oblique
CRAN	Cranial
LAO	Left Anterior Oblique
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
LDP	Low dose protokol
RFR/FFR	Frakční průtok rezervy