

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

**Použití kombinace chirurgických a endovaskulárních  
technik v léčbě rozsáhlých onemocnění hrudní aorty**

**Habilitační práce**

**MUDr. Radim Brát, Ph.D.**

**Hradec Králové 2016**

## OBSAH

1. Poděkování.....	3
2. Souhrn použitých zkratk.....	4
3. Úvod.....	5
4. Vývoj a současný stav léčby aneuryzmat a disekcí hrudní aorty.....	6
4.1. Historický vývoj chirurgické léčby aneuryzmat a disekcí hrudní aorty.....	6
4.2. Přehled operačních výkonů v oblasti hrudní aorty.....	9
4.2.1. Operace v oblasti bulbu aorty.....	10
4.2.2. Operace v oblasti vzestupné aorty.....	16
4.2.3. Operace v oblasti oblouku aorty.....	18
4.2.4. Operace v oblasti sestupné aorty.....	26
4.2.5. Implantace stentgraftů.....	28
4.3. Metody peroperační ochrany mozku.....	29
4.3.1. Hluboká hypotermie a oběhová zástava.....	30
4.3.2. Retrográdní perfuze mozkiem.....	31
4.3.3. Ortográdní perfuze mozkiem.....	34
4.3.4. Separátní perfuze horní a dolní poloviny těla v normotermii.....	37
5. Hybridní chirurgicko-endovaskulární výkony.....	39
5.1. Kombinace chirurgické revaskularizace větví aortálního oblouku a implantace stentgraftu do aortálního oblouku a descendentní aorty.....	40
5.2. Kombinace náhrady aortálního oblouku protézou a implantace stentgraftu do descendentní aorty.....	50
6. Cíle práce.....	54

7. Materiál a metodika.....	55
7.1. Soubor pacientů.....	55
7.2. Operační technika.....	57
7.3. Sběr dat a statistické zpracování.....	58
8. Výsledky.....	58
8.1. Charakteristika souboru.....	58
8.2. Výsledky chirurgické části.....	60
8.3. Výsledky endovaskulární části.....	62
8.4. Střednědobé a dlouhodobé výsledky.....	63
9. Diskuze.....	64
10. Závěr.....	70
11. Literatura.....	71
12. Souhrny a klíčová slova.....	101
12.1. Souhrn český.....	101
12.2. Souhrn anglický (Summary).....	103

## Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat MUDr. Dušanu Kučerovi a MUDr. Václavu Procházkovi, Ph.D., kteří prováděli převážnou část endovaskulárních výkonů. Hodiny strávené společným studiem rentgenologických nálezů našich pacientů a diskuzemi nad možnostmi léčby byly pro mne nesmírně cenným zdrojem informací, zkušeností a inspirací. Rovněž jim děkuji za poskytnutí rentgenologické dokumentace uvedené v této práci.

Chtěl bych rovněž poděkovat všem svým kolegyním a kolegům za pomoc při léčbě nemocných s aneuryzmaty a disekcemi hrudní aorty. Bez jejich spolupráce by nebylo možné tyto dlouhé a náročné výkony provést. Rovněž pooperační péče u těchto nemocných je typickým příkladem týmové práce, kdy nesmírně záleží na kvalitě práce každého člena týmu.

Můj dík patří také Mgr. Zdeňce Michalíkové a MUDr. Radovanu Jursovi za zpracování obrázkové dokumentace.

V neposlední řadě chci poděkovat své rodině za podporu a trpělivost v době zpracovávání této práce.

## Souhrn použitých zkratk

Ao – aorta

Art. - artérie

CMP – cévní mozková příhoda

CNS – centrální nervová soustava

CT – počítačová tomografie

CVVH – kontinuální veno-venózní hemofiltrace

DDŽ – dolní dutá žíla

EEG – elektroencefalografie

L – lumbální

n. - nervus

PS – pravá síň

TIA – tranzitorní ischemická ataka

Th – hrudní

TND – trvalý neurologický deficit

PND – přechodný neurologický deficit

### 3. Úvod

Chirurgická léčba onemocnění hrudní aorty patří k nejnáročnějším částem kardiochirurgie. Přes významný pokrok, kterého kardiochirurgie a medicína obecně v posledních letech dosáhla [9, 34, 122, 131, 161], jsou tyto výkony stále spojeny s velmi vysokou mortalitou i morbiditou [3, 127, 136]. Proto můžeme tuto část kardiochirurgie považovat za oblast, kde by mohlo být možné v budoucnu dosáhnout podstatného zlepšení výsledků. Na významu této části kardiochirurgie přidává také fakt, že konzervativní léčba je prakticky neefektivní a je spojena s velmi špatnými [156] a v případě akutních disekcí naprosto neakceptovatelnými výsledky [15, 40, 199].

Hrudní aorta je také oblast, která vždy představovala styčnou plochu mezi jednotlivými obory. Z hlediska anatomického by léčba v této oblasti měla příslušet cévní chirurgii, protože hranicí, kterou končí srdce a začíná cévní systém, tvoří aortální chlopeč. Toto anatomické dělení však naprosto ztrácí opodstatnění v klinické praxi. Řada vrozených srdečních vad je spojena s anomáliemi hrudní aorty, onemocnění aortální chlopeč může vést k postižení vzestupné aorty a naopak, věnčité tepny odstupují nad aortální chlopeč a hrudní aorta je součástí nejčastějšího kardiochirurgického výkonu – aortokoronárního bypassu. Byla to také kardiochirurgie, která svým rozvojem a novými poznatky (hypotermie a zástava cirkulace, ochrana myokardu, mozku a míchy apod.) umožnila rozpracovat taktiku i techniku výkonů na hrudní aortě. Proto se hrudní aorta a její postižení staly právem nedílnou součástí diagnostiky moderní kardiologie a předmětem kardiochirurgické léčby [248].

Druhou styčnou plochou je dělení léčby onemocnění hrudní aorty mezi chirurgické a endovaskulární techniky. Jako „zlatý standard“ můžeme stále označit léčbu chirurgickou. Nicméně se snahou o zavádění méně invazivních metod léčby se stále častěji uplatňuje léčba endovaskulární, a to především v oblasti descendentní aorty. Je zřejmé, že jak léčba chirurgická, tak léčba endovaskulární má své technické i medicínské limity. Přitom tyto dvě metody by neměly stát proti sobě, ale měly by se navzájem doplňovat. Z takového spojení chirurgických a endovaskulárních technik může nemocný profitovat především snížením operační zátěže a tudíž snížením rizika výkonu a zároveň zlepšením jeho dlouhodobého efektu. Podmínkou je však velmi úzká spolupráce týmů, které provádí diagnostiku, chirurgickou léčbu i léčbu endovaskulární. Použití pojmu „tým“ je zde velmi opodstatněné, protože diagnostika a léčba

onemocnění hrudní aorty je typickým příkladem situace, kdy je týmová práce zcela nezbytná.

Kombinovaná chirurgicko-endovaskulární léčba onemocnění hrudní aorty je způsobem léčby, který zatím není příliš častý a provádí ho pouze omezený počet pracovišť. Důvodem je jednak již zmíněná nutnost velmi úzké spolupráce různých oborů, ale také fakt, že indikace k této léčbě jsou zatím poměrně omezené a frekvence těchto výkonů je nutně poměrně nízká. Proto zatím neexistují rozsáhlé soubory, které by jednoznačně dokumentovaly především dlouhodobé výsledky. Nelze ani předpokládat, že by v brzké době takovéto soubory bylo možno vytvořit a zhodnotit. O to větší význam však mají publikace, které referují zkušenosti i z poměrně malých souborů.

V této práci nejsou publikovány výsledky vlastního rozsáhlého souboru, které by bylo možno jednoznačně statisticky zpracovat a vyvodit z nich jednoznačná doporučení pro klinickou praxi. Důvody, proč tomu tak není, byly uvedeny výše. Jsou zde však prezentovány naše zkušenosti s metodami, které jsou neobvyklé, ve světovém měřítku poměrně málo užívané a které tvoří alternativní způsoby léčby především u nemocných, kteří z jakéhokoliv důvodu nejsou schopni podstoupit klasický způsob léčby. Vzhledem k vývoji spektra operovaných nemocných (narůstající věk, polymorbidita apod.) lze předpokládat, že takovýchto nemocných bude přibývat. Hlavní pozornost není věnována statistickému zpracování výsledků, ale především shrnutí současného stavu vědění v této oblasti a zdůraznění vlastních praktických zkušeností.

## **4. Vývoj a současný stav léčby aneuryzmat a disekcí hrudní aorty**

### **4.1. Historický vývoj chirurgické léčby aneuryzmat a disekcí hrudní aorty**

První poznatky o léčbě aneuryzmat je možné zaznamenat již ve starověkém Egyptě, ačkoliv pojem „aneuryzma“ patrně pochází z řečtiny a znamená „rozšiřovat se“. Jak ukázaly studie mumií starověkého Egypta, arterioskleróza a tepenné kalcifikace byly běžné 3500 let před naším letopočtem. Egypťané jasně popsali arteriální aneuryzmata a doporučovali je léčit „nožem a ohněm, až se krvácení zmírní“.

Antyllus, řecký chirurg ve 2. století tohoto letopočtu, zanechal pravděpodobně první záznam o léčbě aneuryzmatu. Ligoval tepnu vstupující a opouštějící vak aneuryzmatu, vak otevřel, odstranil obsah a dutinu tamponoval.

Ambroise Paré (1510 – 1590) jeden z největších renesančních chirurgů vešel ve známost kromě ligování cév pro krvácení také léčbou aneuryzmat. Paré ligoval přívodnou cévu, vak aneuryzmatu otevírat nedoporučoval. Paré pravděpodobně jako první popsal rupturu aneuryzmatu hrudní aorty a jeho přítel Andreas Vesalius (1514 – 1564) jako první popsal aneuryzma hrudní a abdominální aorty [81].

Další významnou osobností v historii chirurgické léčby aneuryzmat byl John Hunter (1728 – 1793), který byl nazýván „rebelem v chirurgii“. Byl profesorem chirurgie v Hospital St. George v Londýně. Kromě jiného pozoroval kolaterální cirkulaci na rostoucím jelením paroží. Tato pozorování vedla nakonec k jeho vlastní metodě léčby aneuryzmat. V prosinci 1785 léčil úspěšně aneuryzma popliteální tepny u kočiči z Londýna. Ligoval *art. femoralis* vysoko na stehně v místě nazývaném *canalis vastoadductorius*, po něm nazývaném Hunterův kanál. Preparát tohoto aneuryzmatu je vystaven v Hunterově muzeu v Londýně. John Hunter se přičinil o to, že cévní chirurgie začala vyvíjet jako vědní obor opírající se o poznatky z anatomie a fyziologie. Jednalo se o první pokrok v léčbě aneuryzmat od doby Antylla [42].

Jeden z popředních anglických chirurgů, Hunterův žák, Sir Astley Cooper (1768 – 1841) ligoval v roce 1817 abdominální aortu pro prosakující aneuryzma ilické tepny. Pacient zemřel po 40 hodinách na komplikace ischemie jedné dolní končetiny. I když tento výkon byl neúspěšný, je považován za vůbec první, kdy byla provedena ligatura aorty pro aneuryzma [42].

Hunterova metoda byla používána až do roku 1888, kdy Rudolph Matas (1860 – 1957) nejprve neúspěšně ligoval pro pseudoaneuryzma brachiální tepny tepnu nad vakem aneuryzmatu. Při druhém výkonu, také neúspěšném, ligoval tepnu pod vakem aneuryzmatu, nicméně aneuryzma pulzovalo dále. Při třetím výkonu se rozhodl vak otevřít. Po vybavení koagul na spodině vaku objevil ústí tepny, které prošil jednotlivými stehy. Takto popsaný výkon je citován jako endoaneuryzmorafie. Tato operace výrazně snížila incidenci amputací, které doprovázely Hunterovu operaci pro aneuryzmata popliteální tepny. Principy této operace jsou používány dodnes [81].

William Stewart Halsted (1852 – 1922) neúspěšně ligoval aortu nad vakem aneuryzmatu pomocí kovových pásků. Tyto výkony provedl na Kocherově klinice v Bernu. Pacienti však zemřeli na krvácení v důsledku prořezání těchto pásků.



Další vývoj byl urychlen rozvojem techniky šití cévní anastomózy. V roce 1944 provedli ve Švédsku Crafoord a Nylín úspěšně resekci aorty pro koarktaci a anastomózu konec ke konci. V roce 1948 provedl Gross z Bostonu poprvé resekci koarktace a náhradu aorty homograftem. Následující vývoj byl dynamický. V březnu 1951 Schafer a Hardin resekoval aneuryzma abdominální aorty za použití bypassu a nahradil aortu homograftem. Pacient zemřel 29 dní po operaci pro krvácení.

Dne 29.3.1951 Charles Dubost v Paříži resekoval poprvé plánovaně aneuryzma abdominální aorty. Využil torakoabdominální přístup s resekci 11. žebra. Aortu nahradil homograftem odebraným 3 týdny předem od 20-ti leté pacientky. Po této operaci následovaly úspěšné operace provedené Julianem, Brockem, DeBakeyem a Coolem, Bahnsonem. Henry Bahnson je také považován za prvního, kdo provedl resekci aneuryzmatu s rupturou (13. 3. 1953).

Dalším významným krokem bylo zavedení inkluzní techniky šití cévních anastomóz. Podle primární operace Dubosta byl vak aneuryzmatu kompletně resekován. V roce 1966 Oscar Creech z Houstonu popsal techniku provedení anastomózy jako kombinace původní Matasovy techniky endoaneuryzmorafie s ponecháním vaku aneuryzmatu in situ a anastomózy graftu koncem ke konci [81].

Další vývoj byl významně ovlivněn vývojem nových typů cévních protéz. Testovaly se různé materiály jako Nylon, Teflon, Orlon, Portisan a další. De Bakey spolupracoval na vývoji pletené dakronové protézy s Thomasem Edmanem, textilním inženýrem z Philadelphie.

V roce 1944 Alton Ochsner resekoval sakulární aneuryzma descendentní aorty. 28. června 1949 resekoval Swan aneuryzma na hrudní aortě spojené s koarktací. Na začátku padesátých let Bahnson (1953), Cooley a DeBakey (1951) resekovali vakovité aneuryzma oblouku aorty a aortu rekonstruovali laterální suturou. Jako první publikovali metodu resekce fuziformního aneuryzmatu hrudní aorty De Bakey a Cooley (5. 1. 1953). V roce 1956 resekoval Cooley a DeBakey aneuryzma vzestupné aorty. V roce 1968 provedl Bentall a deBono první náhradu vzestupné aorty a aortální chlopně kompozitní protézou.

V Československu pravděpodobně první resekoval infrarenální aneuryzma prof. Bartoš. Jednalo se o vakovité aneuryzma. Infrarenální aorta byla nahrazena aorto-aortální protézou [81].

Počátky endovaskulárního přístupu spadají do 50. let, kdy Seldinger vyvinul metodu atraumatického zavádění katétru do cév za účelem jejich kontrastního nástříku a

rentgenového zobrazení. Původně diagnostická metoda dala vznik oboru cévní intervenční radiologie poté, co Dotter začátkem 60. let dilatoval pomocí katétru ateroskleroticky zúženou tepnu. Koncepce kovových stentů, které dal první impuls Dotter, byla dále rozvíjena a během 80. let byl využit stent jako podpora pro endoluminálně zavedenou cévní syntetickou protézu k léčbě tepenných aneuryzmat. Balko modeloval aneuryzma abdominální aorty a následně jej léčil transfemorálně zavedenou samoexpandibilní protézou. Jednalo se o nitinolovou konstrukci, která byla potažena polyuretanem. Balko protézu zavedl bez skiagrafické kontroly. Yoshioka a Lawrence již implantovali potahovaný „Z stent“ za skiagrafické kontroly. Klinického významu metoda doznala až na přelomu 80. a 90 let. Po sérii experimentálních prací vyvinula dvě pracoviště nezávisle na sobě – Volodos v Kyjevě v roce 1986 a Parodi v Buenos Aires v roce 1990 – metodiku endovaskulární léčby aneuryzmat pomocí endovaskulární protézy. Před nimi však Craag pravděpodobně jako jeden z prvních léčil periferní aneuryzma stentgraftem, tj. kombinací stentu a syntetické protézy [81].

Začátkem 90. let došlo k výrazné akceleraci vývoje endoluminálních technik pomocí endovaskulárních protéz. Endovaskulární protézy, ale i systémy pro jejich zavádění, byly dále zdokonalovány. Byla zkonstruována bifurkační endovaskulární protéza pro léčbu aortoiliakálních aneuryzmat. Endovaskulární léčba aneuryzmat se přesunula z aorty abdominální na aortu hrudní [27, 54]. Kromě aneuryzmat byly a jsou endovaskulární protézy používány v léčbě disekcí aorty, arteriovenózních píštělí velkých cév, traumat, ale i okludujících tepenných lézí [52, 171, 222]. Použití endovaskulárních protéz se postupně začíná posouvat (alespoň v podobě klinického experimentu) do oblasti aortálního oblouku.

#### 4.2. Přehled operačních výkonů v oblasti hrudní aorty

Princip chirurgické léčby výdutí hrudní aorty spočívá v resekci aneuryzmaticky změněné aorty a její náhradě protézou [104]. Ačkoliv tento princip je společný všem operačním výkonům, můžeme uvedenou část hrudní aorty dělit na čtyři úseky - bulbus aorty, suprakoronární část vzestupné aorty, aortální oblouk a sestupnou část hrudní aorty. Každá z těchto částí má svá specifika a proto budou operační výkony rozděleny do kapitol, odpovídajících jednotlivým úsekům aorty. Je třeba však mít na zřeteli, že

toto rozdělení je pouze didaktické. V klinické praxi se velmi často setkáváme se situací, kdy výduť zaujímá více uvedených úseků a prováděný operační výkon je potom v podstatě kombinací níže uvedených základních operačních výkonů.

#### 4.2.1. Operace v oblasti bulbu aorty

Specifikem této části hrudní aorty jsou odstupky koronárních tepen, které je třeba v průběhu operačního výkonu replantovat do protézy nahrazující hrudní aortu a aortální chlopu, která může být intaktní či patologicky změněná ve smyslu nedomykavosti či strukturálních, nejčastěji degenerativních změn. Při rozhodování o nejvhodnějším typu operačního výkonu musíme brát v úvahu především následující faktory:

- stav aortální chlopu
- věk nemocného
- celkový stav nemocného a přidružené choroby
- zkušenost operačního týmu

Zvolit můžeme některý z následujících operačních výkonů.

##### *Náhrada aortální chlopu a vzestupné aorty*

Tato operace patří mezi základní operační výkony na hrudní aortě [14, 145, 178]. Používáme ji tehdy, jestliže je aortální chlopu morfologicky změněná a tudíž nevhodná k zachování nebo tehdy, jestliže výduť zaujímá bulbus aorty, aortální chlopu je sice blanitá, ale insuficientní z dilatace aorty v místě komisur a z jakéhokoliv důvodu nechceme či nemůžeme provést technicky obtížnější a časově náročnější chlopu zachovávající operaci [74, 89].

Operaci provádíme ze sternotomie, v mimotělním oběhu většinou v celkové normotermii či mírné hypotermii. Ochranu myokardu provádíme zvyklým způsobem krystalickou či krevní kardioplegií [25]. K náhradě aortální chlopu a hrudní aorty používáme kompozitní graft sestávající z mechanické či biologické chlopu a na něj připevněné cévní protézy [67]. Tento kompozitní graft implantujeme po odstranění změněné aortální chlopu stejným způsobem, jako při prosté náhradě aortální chlopu. Můžeme tedy použít jak jednotlivé stehy, tak pokračující steh.

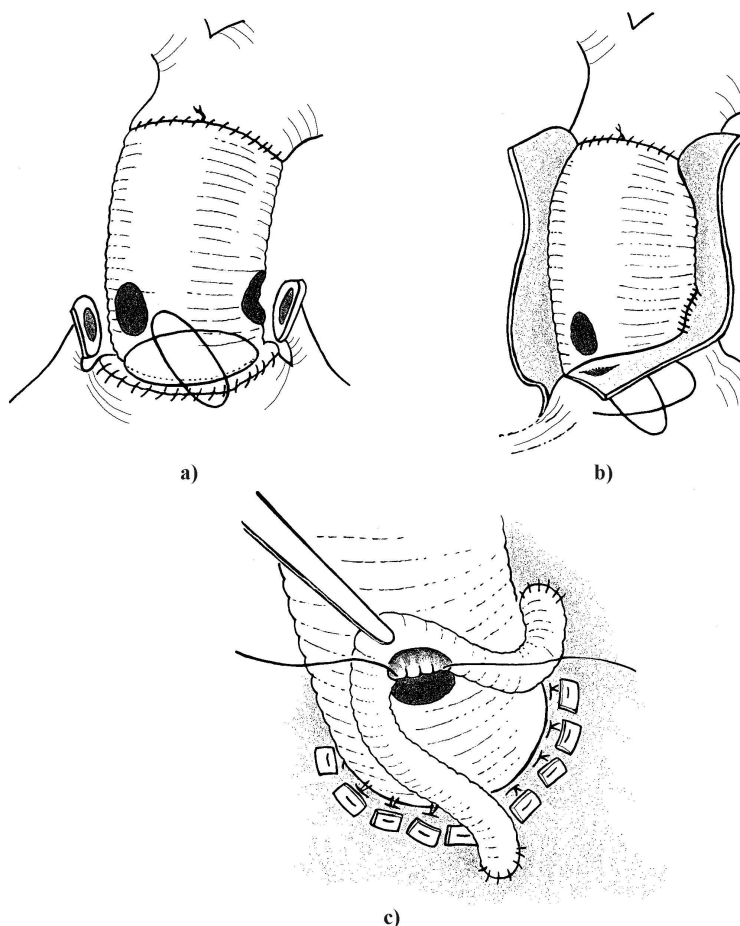
Dalším krokem operace je reimplantace koronárních tepen do protézy kompozitního graftu. Nejprve do protézy kauterem vypálíme otvory v místech, kam

budou odstupy replantovány. Pro vlastní replantaci můžeme použít jednu ze třech metod [71]. Nejčastěji je používána metoda zvaná „button technique“ (Obrázek 1a). Při ní vypreparujeme odstupy koronárních tepen a vystříhneme je ze stěny aorty s malým terčíkem. Tyto terčíky potom replantujeme do otvorů vypálených kauterem do protézy kompozitního graftu. Distální anastomózu mezi protézou graftu a aortou provádíme jako „end to end“ anastomózu.

Druhou možností je klasická Bentallova operace (Obrázek 1b), při které koronární tepny nevystříháváme jako terčíky, ale provádíme side to side anastomózu mezi aortou a protézou graftu. V tomto případě distální anastomózu mezi protézou graftu a aortou provádíme inkluzně a vak výdutě nad protézou v celém rozsahu suturujeme. Zastánci klasické Bentallovy operace uvádějí jako výhodu, že v případě nevelkého krvácení z anastomózy mezi koronární tepnou (nejčastěji levou) a protézou může dojít k jeho zastavení zkoagulováním krve v prostoru mezi protézou a stěnou aorty. Aby nedošlo k odtržení koronárních tepen příliš velkým tlakem v tomto prostoru, je možno doplnit operaci našitím krátkého bypassu mezi vakem obalujícím vzestupnou aortu a ouškem pravé síně. Tento bypass zpočátku drénuje krev z prostoru kolem protézy do pravé síně a po zastavení krvácení ztrombotizuje. Nevýhodou klasické Bentallovy operace je větší výskyt následných pseudoaneuryzmat v místě anastomózy mezi koronární tepnou a protézou [167, 231, 253]. Navíc při pečlivé operační technice je riziko krvácení z replantovaných koronárních tepen při použití „button technique“ velmi nízké a lze ho dále snížit použitím tkáňových lepidel [17].

Třetí možností reimplantace koronárních tepen je provedení Cabrollovy operace (Obrázek 1c). Při ní ústí koronárních tepen spojíme žilním bypassesem nebo lépe bypassesem z 8 mm široké protézy a tento bypass anastomózuje side to side s protézou kompozitního graftu. Nevýhodou této operace je riziko zalomení bypassu spojujícího ústí koronárních tepen. Používáme ho tedy především tehdy, nelze-li ústí koronárních tepen dostatečně mobilizovat a anastomóza mezi koronární tepnou a protézou kompozitního graftu by byla pod tahem. S touto situací se setkáváme nejčastěji při reoperacích.

Způsoby reimplantace koronárních tepen do protězy



a) „button technique“ b) klasický Bentall c) Cabroll

*Chlopeň zachovávající operace – „valve sparing operations“*

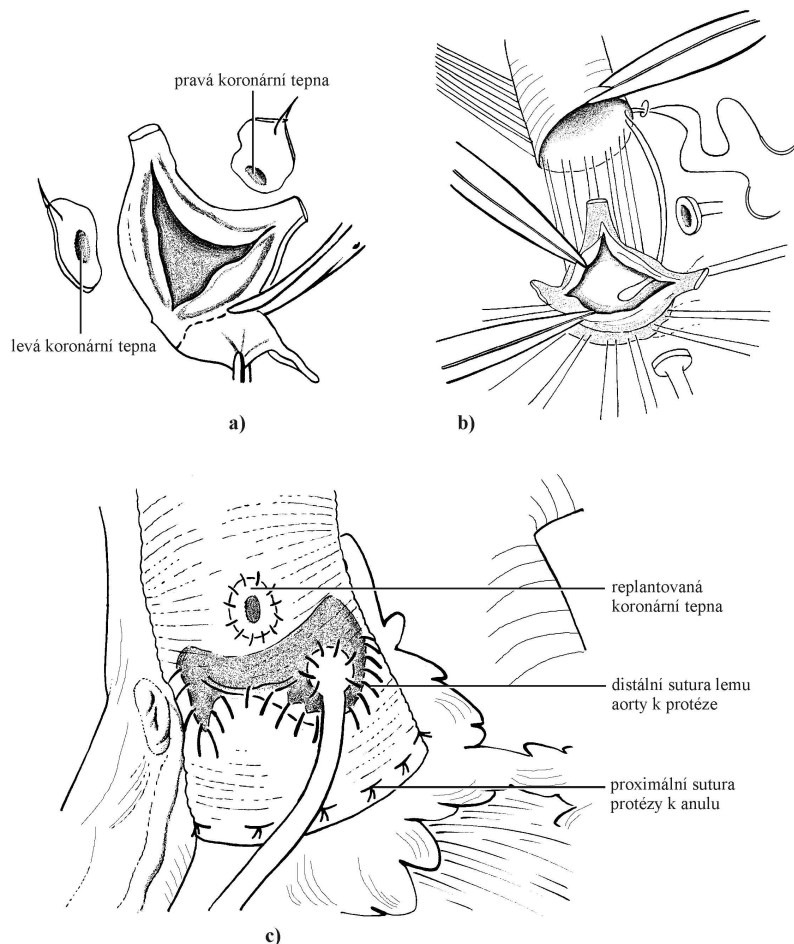
Náhrada aortální chlopně a vzestupné aorty kompozitním grafterem provedená jako klasická Bentallova operace, „button technique“ nebo Cabrollova operace je operací, která radikálně řeší patologický stav, je poměrně jednoduchá a má dobře predikovatelné výsledky. Podstatnou nevýhodou těchto operací je nutnost nahradit aortální chlopeň se všemi negativními důsledky z toho pro pacienta do budoucna plynoucími [98, 244]. Proto jsou v poslední době u mladých nemocných s morfologicky intaktní chlopní, kde je aortální insuficience dána dilatací aorty na úrovni komisur, preferovány operace, při

kterých nahradíme celou patologicky změněnou stěnu aorty včetně Valsalvových sinů, ale vlastní aortální chlopeč ponecháme [62, 75, 85, 146]. Tyto operace jsou souhrnným názvem označovány jako „valve sparing operations“, tedy chlopeč zachovávající operace [210]. Jedná se o pestrou skupinu operací s četnými modifikacemi [4, 58], avšak v zásadě tyto operace můžeme dělit na dvě skupiny – reimplantace aortální chlopeč a remodelace bulbu.

Základní modifikací reimplantace aortální chlopeč je operace dle Davida [56]. Při ní po vypreparování bulbu aorty až po anulus a vystřížení odstupů koronárních tepen na terčiku resekujeme stěnu Valsalvových sinů a ponecháme pouze 3 mm úzký lem při úponu jednotlivých cípů (Obrázek 2a). Takto připravenou aortální chlopeč znovu kontrolujeme, není-li morfologicky změněná.

Po zvolení správné velikosti protézy tuto v místě odpovídajícím septu mírně nastříhneme. Nyní založíme první vrstvu jednotlivých matracových stehů procházejících anulem aortální chlopeč ze vnitř ven. Tyto stehy potom založíme do protézy, protézu z vnější strany nasuneme na aortální chlopeč a stehy douzlíme (Obrázek 2b). Nyní komisurovými fixačními stehy připevníme komisury ve správné pozici. Zkontrolujeme koaptaci jednotlivých cípů a v případě potřeby upravíme polohu komisur. Poté volný lem aortální stěny kolem úponů cípů suturujeme monofilním vláknem šíře 5/0 k vnitřní stěně protézy. Pokud některý z cípů prolabuje, provedeme plikaci jeho volného okraje. Dále již zvyklým způsobem do protézy replantujeme koronární tepny a operaci dokončíme provedením distální anastomózy mezi protézou a aortou (Obrázek 2c).

Schéma operace dle Davida

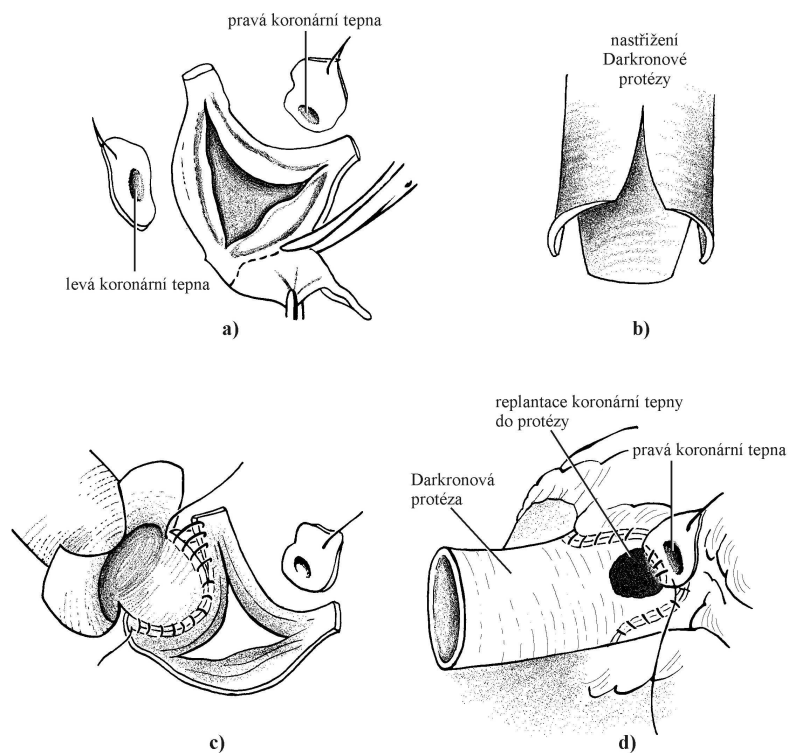


Základní modifikací operací nazývaných jako remodelace bulbu je operace dle Yacouba. Někdy bývá nesprávně označována jako operace David II. Stejně jako při Davidově operaci i zde resekujeme stěnu Valsalvových sinů s ponecháním pouze 3 mm širokého lemu stěny kolem úponů chlopně cípů (Obrázek 3a). Protézu v místech odpovídajících budoucím komisurám nastříháme do vzdálenosti asi 6 mm (Obrázek 3b). Nyní provedeme suturu volného lemu aortální stěny ponechané při basi aortálních cípů k odpovídající části obvodu nastřižené protézy (Obrázek 3c). Pro každý sinus používáme samostatné vlákno, vlákna poté v komisurách zauzlíme. Operaci je vhodné kombinovat s implantací externího anuloplastického prstence, který stabilizuje oblast anulu aortální chlopně. Poté opět zvyklým způsobem do protézy replantujeme koronární

tepny a operaci dokončíme provedením distální anastomózy mezi protézou a aortou (Obrázek 3d).

Obrázek 3

### Schéma operace dle Yacouba



Kromě výše uvedených operačních postupů, které patří ke standardním způsobům operačního řešení výdutí kořene aorty, můžeme použít i některé méně časté metody. Při lokalizované výduti kořene aorty u starších nemocných se změněnou aortální chlopní můžeme použít náhradu aortální chlopně a bulbu aorty stentless chlopní metodou full root [36, 229]. Jedná se o metodu poměrně jednoduchou, která spojuje výhody použití stentless biologické chlopně s radikálním vyřešením výdutě bulbu aorty. Podobně můžeme použít aortální allograft, event. pulmonální autograft v rámci Rossovy operace. Posledně jmenovaná operace je však v této indikaci poměrně vzácná a její použití je třeba pečlivě zvážit.



V chirurgické léčbě aneurysmat bulbu aorty se také uplatňují některé nové metody, které jsou v současné době ve fázi klinického zkoušení. Jako nejperspektivnější z nich se t. č. jeví metoda nazývaná PEARS („*Personalized external aortic root support*“). Jedná se o metodu použitelnou u pacientů s Marfanovým syndromem, u kterých již aorta dilataje, avšak míra dilatace ještě nedosahuje indikačních kritérií pro resekční terapii. Cílem metody je obalením kořene aorty a vzestupné aorty speciální na míru vytvořenou síťovinou zabránit další dilataci aorty a snížit riziko disekce aorty [237, 238, 239]. Výkon se provádí tak, že na základě CT obrazu se vytvoří 3D kopie pacientovy aorty a pomocí 3D tisku se ze speciální síťoviny vytvoří přesný model pacientovy aorty. Touto externí protézou (Exstentem) se ze zevnějšku obalí pacientova aorta. Dosavadní výsledky s touto metodou jsou poměrně povzbudivé a naznačují, že síťovina exstentu se inkorporuje do stěny aorty a zabraňuje její další dilataci. [41, 230].

#### 4.2.2. Operace v oblasti vzestupné aorty

Oblast vzestupné aorty od sinotubulární junkce po odstup *truncus brachiocephalicus* patří k poměrně vděčným částem hrudní aorty, kde je resekce výdutě spojena s nízkým rizikem [133, 143, 168, 177]. Je to dáno skutečností, že z této části hrudní aorty neodstupují žádné větve, které by bylo nutno replantovat. Základním operačním výkonem prováděným v této lokalizaci je resekce výdutě a náhrada cévní protézou. Výkon provádíme ze sternotomie, v mimotělním oběhu a v celkové normotermii. Tepennou kanylu zavádíme podle rozsahu výdutě nejčastěji do vzestupné aorty těsně pod odstup *truncus brachiocephalicus*. Pokud zasahuje výduť až k odstupu *truncus brachiocephalicus*, potom zavádíme tepennou kanylu do ventrální plochy aortálního oblouku. Vzácně, pokud toto není možné například pro výrazné kalcifikace v oblasti aortálního oblouku, kanylujeme *truncus brachiocephalicus*, event. *art. axillaris* nebo *art. femoralis communis*. Žilní kanylu zavádíme zvyklým způsobem přes ouško pravé síně. Poté vypreparujeme aortu těsně pod odstupem *truncus brachiocephalicus*. Po spuštění mimotělního oběhu naložíme svorku těsně pod *truncus brachiocephalicus* a podáme kardioplegický roztok buď do kořene aorty nebo po provedení podélné aortotomie cíleně do ústí koronárních tepen. K náhradě vzestupné aorty používáme pletenou nebo tkanou protézu impregnovanou kolagenem. Vlastní náhradu můžeme uskutečnit inkluzní technikou s následným obalením protézy zbytkem

vaku výdutě a případně při prosakování krve do prostoru mezi protézou a vakem tento prostor anastomózovat s pravou síní způsobem popsáním v kapitole o klasické Bentallově operaci. V dnešní době však většina pracovišť preferuje způsob, při kterém se v místě budoucí distální i proximální anastomózy aorta příčně protne a poté je provedena anastomóza mezi aortou a protézou typu „end to end“. Je rovněž možno na dorzálním obvodu ponechat úsek, ve kterém provedeme anastomózu inkluzně a zbytek anastomózy provádíme jako „end to end“ anastomózu. Po odvodu svorku z aorty a po reperfuzi odpojíme nemocného od mimotělního oběhu. Při špatné kvalitě stěny aorty v místě anastomózy ji můžeme zpevnit pruhy teflonové plsti nebo manžetami z protézy. Použití tkáňových lepidel většinou není nutné. Protézu můžeme obalit zbytkem vaku výdutě. Toto obalení protézy nemá hemostatický účinek, protože na rozdíl od inkluzní techniky není prostor mezi protézou a vakem prostorem uzavřeným, ale může sloužit spíše jako určitá bariéra proti infekci například při sekundárním hojení sternotomie. Role tohoto obalu při reoperacích je dvojí. Na jedné straně do určité míry chrání protézu před poraněním při resternotomii, na druhou stranu však může komplikovat již tak obtížnou orientaci ve srůsty změněném terénu.

U některých nemocných může výduť vzestupné aorty zasahovat až těsně k odstup *truncus brachiocephalicus*. V tomto případě, pokud chceme zachovat dostatečnou radikalitu výkonu, nemáme dostatek místa na naložení příčné svorky mezi odstup *truncus brachiocephalicus* a místo budoucí distální anastomózy mezi protézou a aortou. Používáme tedy způsob nazývaný jako „open anastomóza“. Při něm v krátké oběhové zástavě sejmeme svorku z aorty, tuto pod odstupem *truncus brachiocephalicus* příčně protneme a provedeme distální anastomózu mezi protézou a aortou. Poté pečlivě odvoduššíme oblast aortálního oblouku, naložíme příčnou svorku na protézu a obnovíme mimotělní oběh. Rekonstrukci ukončíme provedením proximální anastomózy mezi protézou a aortou v oblasti sinotubulární junkce. Pokud je tato oblast hůře přístupná, je možno použít druhou protézu, kterou našijeme „end to end“ do oblasti sinotubulární junkce a rekonstrukci pak ukončíme anastomózou „end to end“ obou protéz. Při provádění „open anastomózy“ pochopitelně musíme použít některou z metod ochrany mozku tak, jak budou popsány v příslušné kapitole. Doba oběhové zástavy bývá poměrně krátká, většinou nepřesahuje 10 minut a při adekvátní peroperační ochraně mozku nepředstavuje pro nemocného výraznější riziko. Proto tento způsob preferujeme před šitím distální anastomózy v těsné blízkosti příčné svorky, kdy v důsledku nedostatku prostoru může být anastomóza nedokonalá, stehy se mohou

ztenčenou stěnou prořezávat a anastomóza může být po povolení svorky netěsná a může vyžadovat dodatečné úpravy, které mohou být nejobtížnější částí celého operačního výkonu.

U nemocných s poststenotickou dilatací vzestupné aorty, kde kvalita stěny aorty je normální, nicméně dilatace je natolik významná, že lze předpokládat její další progresi i po odstranění aortální stenózy, je možno místo náhrady vzestupné aorty protézou použít podélnou nebo S-plastiku vzestupné aorty [169]. Při ní podélně protneme aortu a resekujeme část jejího obvodu a poté aortotomii podélně suturujeme. Tím odstraníme dilataci aorty a ponecháme nativní stěnu aorty, která není patologicky změněná. Výhodou tohoto postupu je jeho relativní jednoduchost a dále pak nepřítomnost cévní protézy. Nevýhodou je riziko krvácení z poměrně dlouhé podélné sutury aortotomie a dále riziko následné dilatace vzestupné aorty, pokud se nejednalo o pouhou poststenotickou dilataci, ale příčina dilatace byla rovněž v patologické změně stěny aorty. Proto tento typ výkonu používáme spíše u starších nemocných.

Alternativním a dnes již pouze historickým způsobem řešení výdutě vzestupné aorty byla implantace intraluminální protézy. Při tomto výkonu se z podélné aortotomie do vzestupné aorty zavedla intraluminální protéza, jejíž distální a proximální konec se stehem fixoval ke stěně aorty. Poté se nad protézou suturovala podélná aortotomie. Tento postup byl původně navržen k užití při aortálních disekcích a byl oblíben pro svou jednoduchost především u starších polymorbidních nemocných. Dnes je již tento postup opuštěn a není používán.

#### 4.2.3. Operace v oblasti oblouku aorty

Operace v oblasti aortálního oblouku patří mezi jedny z nejobtížnějších kardiokirurgických operací [252]. Přes pokrok, kterého bylo v posledních letech v této oblasti dosaženo, jsou výkony v oblasti aortálního oblouku zatíženy stále vysokou mortalitou [140, 176, 216]. Navíc tyto operace kladou vysoké nároky nejen na operátora, ale vyžadují vysokou míru zkušenosti celého operačního týmu. Náročnost operačních výkonů v oblasti aortálního oblouku je dána několika skutečnostmi. Především jsou to odstupy větví zásobujících mozek. Ty nás staví před nutnost adekvátní ochrany mozku v průběhu operačního výkonu. Tato problematika je natolik významná, že je obsahem samostatné kapitoly. Druhou skutečností, která znesnadňuje

operace v oblasti aortálního oblouku, je poměrně špatná dostupnost této části hrudní aorty [254]. Standardním přístupem je střední sternotomie. Z tohoto přístupu je možno operovat převážnou část nemocných, avšak oblast za odstupem levé podklíčkové tepny může být již poměrně špatně dostupná [12, 181]. Zvláště ošetřování event. krvácení z distální anastomózy po ukončení rekonstrukce může být velmi obtížné, někdy až nemožné [170]. Jinou, poměrně vzácně používanou možností operačního přístupu, je levostranná torakotomie buď izolovaná, nebo v kombinaci se střední sternotomií [187, 190]. Je rovněž možno použít oboustrannou torakotomii s příčným protětim sternu v úrovni 2. nebo 4. mezižebří. Tímto přístupem si zajistíme poměrně dobrý přehled jak v oblasti vzestupné aorty, tak v oblasti proximální části sestupné aorty. I tento operační přístup je však používán poměrně vzácně.

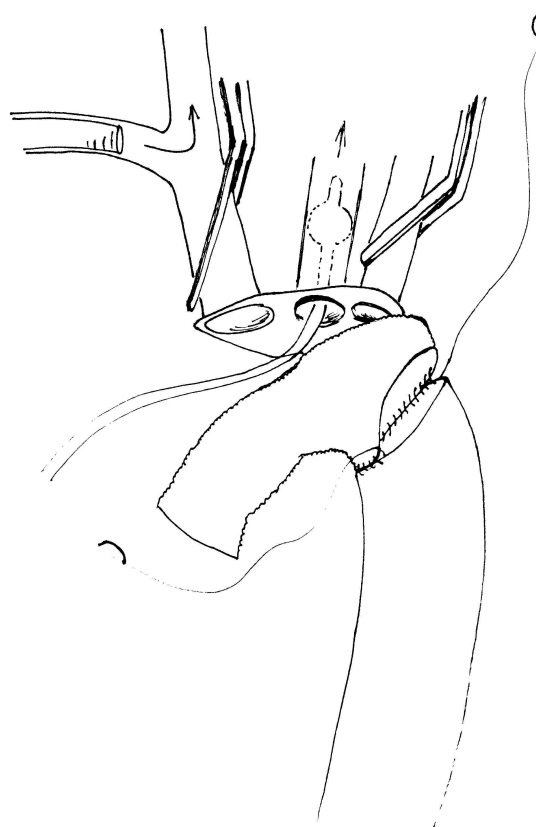
Princip operačního řešení výdutí oblouku aorty je stejný jako ve zbývajících částech hrudní aorty. Je jím resekce aneuryzmaticky změněné aorty a její náhrada cévní protézou s replantací tepen odstupujících z aortálního oblouku [91]. Operaci provádíme nejčastěji ze sternotomie. Tepennou kanylu zavádíme podle používaného způsobu peroperační ochrany mozku a způsobu vedení mimotělního oběhu do *truncus brachiocephalicus*, *art. axillaris dx.* nebo *art. femoralis communis*. Žilní kanylu zavádíme zvyklým způsobem přes ouško pravé síně nebo kanylujeme separátně horní a dolní dutou žílu. Spustíme mimotělní oběh a nemocného začínáme celkově chladit na teplotu odpovídající zvolenému způsobu peroperační ochrany mozku. Vypreparujeme oblouk aorty. Preparaci někdy brání v. *brachiocephalica sinistra*, která je napnuta přes výduť. Většinou stačí její zavěšení na závěs a odtažení stranou. V případě nutnosti je ji však možno protnout a na závěr operace znovu zrekonstruovat. Při preparaci v oblasti odstupu levé podklíčkové tepny musíme dát pozor, abychom neporanili *n. laryngeus recurrens*. Po dosažení požadované míry celkové hypotermie naložíme příčnou svorku na vzestupnou aortu a do kořene aorty podáme kardioplegický roztok. Dále se postup liší podle typu použité peroperační ochrany mozku. Pokud používáme ortográdní perfuzi mozku a perfuzi vedenou cestou *art. axillaris dx.*, snížíme průtok mimotělním oběhem, naložíme svorku na *truncus brachiocephalicus*, sejmemo příčnou svorku ze vzestupné aorty, podélně incidujeme aortální oblouk, do ústí levé společné krkavice zavedeme odbočku z tepenné linky a obturujeme levou podklíčkovou tepnu. Používáme-li ortográdní perfuzi mozku a vedení mimotělního oběhu cestou *art. femoralis communis*, naklopíme pacienta do Trendellenburgovy polohy, zastavíme mimotělní oběh, sejmemo příčnou svorku ze vzestupné aorty, podélně incidujeme

aortální oblouk, do ústí *truncus brachiocephalicus* a levé společné krkavice zavedeme odbočky z tepenné linky, obturujeme levou podklíčkovou tepnu a spustíme ortográdní perfuzi mozkiem. Pokud používáme pouze hlubokou hypotermii či retrográdní perfuzi mozkiem naklopíme pacienta do Trendellenburgovy polohy, zastavíme mimotělní oběh, event. spustíme retrográdní perfuzi mozkiem, sejmeme příčnou svorku ze vzestupné aorty a podélně incidujeme aortální oblouk. Pokud používáme vedení mimotělního oběhu za použití dvou separátních pump v normotermii či mírné hypotermii, postupujeme stejně jako při ortográdní perfuzi mozkiem a oběhem vedeným cestou *art. axillaris* s tím rozdílem, že navíc svorkou či okluzním balónem uzavřeme sestupnou aortu distálně od místa budoucí distální anastomózy a spustíme perfuzi druhou pumpou cestou *art. femoralis communis*. Jednotlivé způsoby vedení mimotělního oběhu a způsoby peroperační ochrany mozku jsou předmětem samostatné kapitoly, kde jsou podrobně popsány a jsou zde uvedeny jejich výhody a nevýhody.

Po provedení podélné incize aortálního oblouku a zajištění perfuze mozkiem přistoupíme k provedení vlastní náhrady aortálního oblouku. Podle šíře aorty za odstupem levé podklíčkové tepny v místech, kde budeme provádět distální anastomózu zvolíme odpovídající šíři protézy. Distální anastomózu můžeme provést buď inkluzní technikou, nebo aortu v místě budoucí anastomózy příčně protneme částečně nebo úplně a provedeme anastomózu mezi protézou a aortou typu „*end to end*“ (Obrázek 4).

Obrázek 4

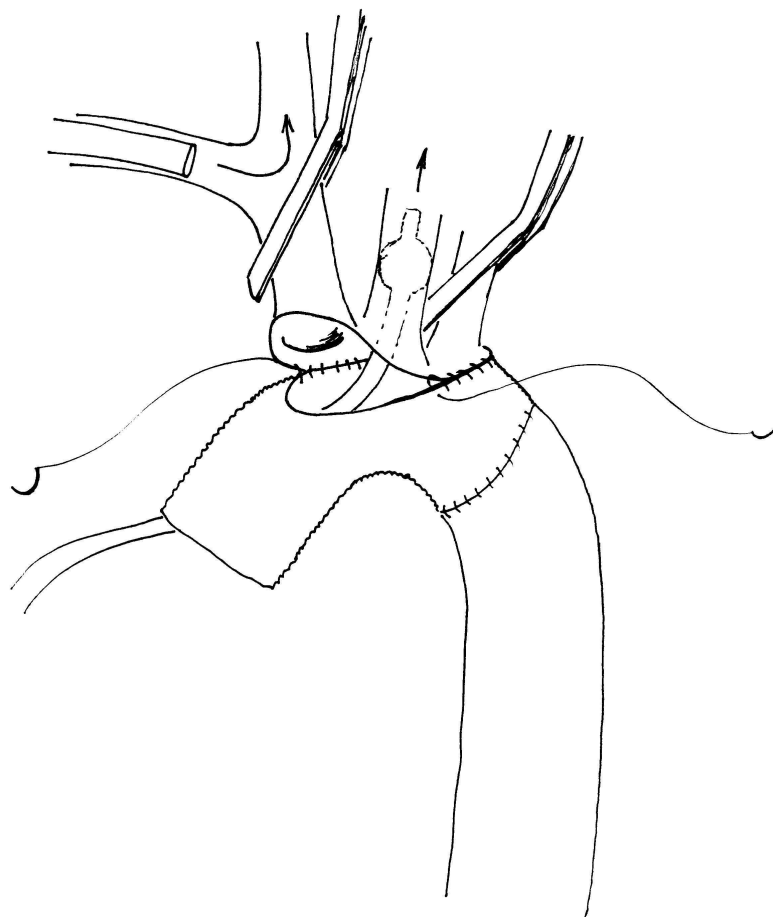
Schéma provedení distální anastomózy při náhradě oblouku



Anastomóza musí být provedena velmi pečlivě, protože její dodatečné opravy po dokončení rekonstrukce jsou velmi obtížné. Při špatné kvalitě stěny aorty v místě anastomózy ji můžeme zpevnit pruhy teflonové plsti nebo manžetami z protézy. Rovněž je možné anastomózu ošetřit tkáňovým lepidlem. Po dokončení distální anastomózy do protézy kauterem vypálíme otvor pro replantaci větví odstupujících z aortálního oblouku. Tyto větve můžeme opět replantovat inkluzní technikou, nebo je vystříhneme na společném terči a ten všijeme do otvoru v protéze (Obrázek 5).

Obrázek 5

Schéma reimplantace odstupů větví oblouku při náhradě oblouku



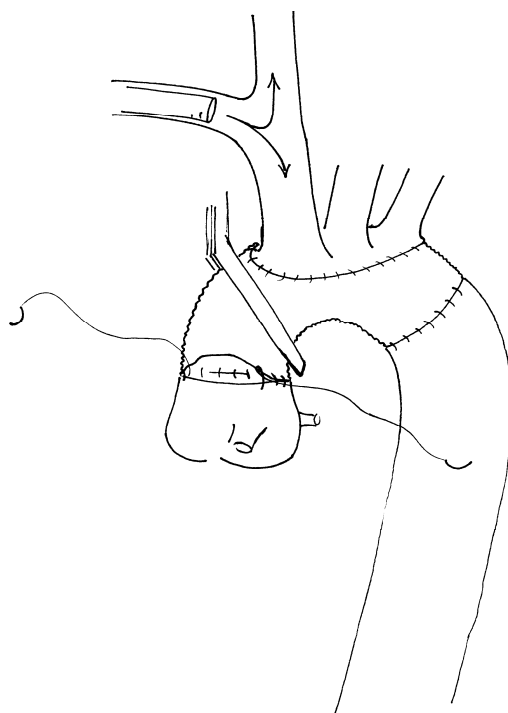
Pokud je vzdálenost mezi odstupy větví příliš velká, je možno je implantovat na separátních terčících. Rovněž tato sutura musí být provedena velmi pečlivě, protože především oblast v okolí odstupu levé podklíčkové tepny je po dokončení rekonstrukce velmi špatně přístupná pro následné opravy. Pokud používáme ortográdní perfuzi mozku, odstraníme kanyly zavedené do ústí větví aortálního oblouku před došitím anastomózy mezi terčikem a protézou. Jinou, a v poslední době preferovanou metodou je použití větvené protézy s provedením „end to end“ anastomóz mezi raménky větvené protézy a odstupy větví oblouku [124, 125, 208, 221, 242]. Výhodou tohoto postupu je snadnější ošetření případného krvácení ze sutury a radikálnější odstranění patologicky

změněné stěny aorty. Relativní nevýhodou je nutnost rozsáhlejší preparace větví odstupujících z aortálního oblouku.

Po provedení reimplantace větví oblouku pečlivě odvzdušníme oblast aortálního oblouku, naložíme příčnou svorku centrálně od odstupů větví z oblouku a spustíme mimotělní oběh. Pečlivě zkontrolujeme všechny anastomózy a zahájíme ohřívání nemocného. Rekonstrukci dokončíme provedením centrální anastomózy mezi protézou a vzestupnou aortou (Obrázek 6).

Obrázek 6

#### Schéma proximální anastomózy při náhradě oblouku



Po odvzdušnění vzestupné aorty povolíme svorku na protéze. Pokud jsme použili inkluzní techniku, obalíme protézu zbytkem vaku. Popsaný operační postup představuje nejčastěji používanou modifikaci, existuje však řada dalších modifikací uvedeného postupu [6, 35, 134, 135, 165, 182, 185].

U nemocných se současnou výduť sestupné aorty je s výhodou distální anastomózu provést jako „*elephant trunk*“ [45, 46, 47, 207]. Principem této metody je ponechání



volné části protézy do sestupné aorty, čímž podstatně zjednodušíme následné provedení náhrady sestupné aorty [97, 109, 129, 227]. Metoda byla poprvé popsána Borstem a spolupracovníky [19]. Pokud chceme distální anastomózu konstruovat jako „*elephant trunk*“, před vlastním šitím anastomózy si musíme nejprve připravit protézu. Invaginujeme ji tak, že zevní část je kratší (cca 4 – 6 cm) a vnitřní část je delší. Na konec této delší části připevníme vlákno, které protáhneme vnitřkem protézy. Vlákno slouží ke snadnějšímu vytažení invaginované protézy. Takto připravenou protézu vsuneme do sestupné aorty a provedeme anastomózu (Obrázek 7 a Obrázek 8).

Obrázek 7

Schéma přípravy protézy při anastomóze typu „*elephant trunk*“

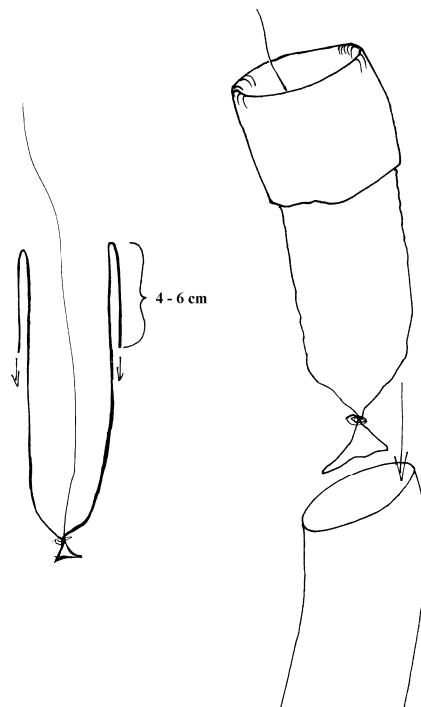
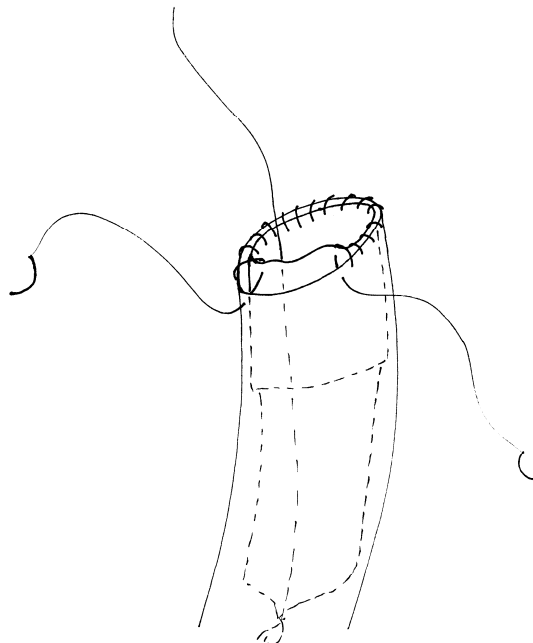


Schéma provedení distální anastomózy typu „elephant trunk“



Po jejím dokončení tahem za vlákno vytáhneme ze sestupné aorty tu část protézy, která bude následně sloužit k náhradě oblouku.

Metoda „elephant trunk“ se standardně používá při provádění dvoudobé náhrady aortálního oblouku a sestupné aorty [76]. Lze ji však použít rovněž při kombinovaném chirurgicko-endovaskulárním řešení rozsáhlé výduti hrudní aorty, kdy volný konec protézy použijeme jako kotvicí místo pro zakotvení stentgraftu sestupné aorty. V takovém případě je vhodné okraj volné protézy označit kovovým klipem, abychom usnadnili orientaci při implantaci stentgraftu. V literatuře byla rovněž popsána řada modifikací této metody [103, 115, 138, 139, 163, 175, 179, 197, 255].

Výduť nemusí zaujímat celou oblast aortálního oblouku. V takovém případě můžeme použít parciální resekci a náhradu aortálního oblouku. Podle rozsahu resekované a následně nahrazené části aortálního oblouku rozlišujeme dva typy výkonů. Prvním typem je parciální resekce typu „hemiarch“. Při tomto výkonu resekujeme především konkávní část oblouku, přičemž konvexní část zůstává zachována. Odstupy větví z aortálního oblouku tedy zůstávají v kontinuitě se sestupnou aortou a není je třeba

zvláště replantovat [189]. Jedná se tedy v podstatě o modifikaci „open anastomózy“, která byla popsána v předchozí kapitole. Operaci typu „*hemiarch*“ v kombinaci s náhradou vzestupné aorty používáme nejčastěji k řešení výdutí vzestupné aorty zasahujících do proximální části oblouku, pokud není dilatovaná oblast odstupu větví z oblouku. Druhou variantou je parciální náhrada oblouku, při které je resekční linie vedena napříč aortálním obloukem mezi odstupem *truncus brachiocephalicus* a levé společné krkavice nebo mezi odstupem levé společné krkavice a levé podklíčkové tepny. Tento typ parciální náhrady aortálního oblouku používáme u nemocných s výdutí proximální části oblouku, je-li postižena oblast odstupu *truncus brachiocephalicus*. Preferujeme provedení resekční linie mezi odstupem levé společné krkavice a levé podklíčkové tepny s následnou replantací *truncus brachiocephalicus* a levé společné krkavice na společném terčíku, protože tato varianta není výrazně obtížnější a v případě dilatace ponechané části aorty je potom možno, v případě potřeby, použít endovaskulární způsob léčby, při kterém je možno po předchozím provedení transpozice levé podklíčkové tepny implantovat stentgraft, který se svým proximálním koncem zakotví do protézy nahrazující aortální oblouk.

#### 4.2.4. Operace v oblasti sestupné aorty

Výkony na sestupné aortě se od operací na ostatních úsecích hrudní aorty odlišují jednak přístupem, kterým je nejčastěji levostranná torakotomie a dále možností operovat bez mimotělního oběhu. Princip chirurgického řešení aneurysmat sestupné aorty je zdánlivě jednoduchý. Spočívá v náhradě postižené části aorty protézou. Toho se dosáhne buď resekcí aneurysmatu s následnou interpozicí protézy, nebo implantací protézy inkluzní technikou se zabalením protézy zbytkem vaku aneurysmatu [66]. Z technického hlediska se tedy jedná o operace poměrně jednoduché. Hlavním problémem při rozsáhlejších výkonech na sestupné aortě však je zabránit ischemii míchy vedoucí k paraparéze až paraplegii. Výskyt této komplikace je v přímé souvislosti s dobou trvání ischemie a variabilitou krevního zásobení míchy, spolu s rozsahem vyřazení interkostálních tepen odstupujících z výdutě.

Dosavadní výsledky ukázaly, že u zdravých jedinců je 15 minut bezpečná doba, po kterou může být přerušen průtok krve sestupnou aortou. Při delším trvání ischemie

výskyt poškození míchy rychle narůstá, takže při přerušení průtoku trvajícím 30 minut je nutno počítat s 25 % rizikem vzniku paraplegie a při 40 minutách již se 70 % rizikem.

Jak bylo uvedeno výše, na riziko vzniku paraparézy či paraplegie má významný vliv cévní zásobení míchy, které je výrazně variabilní. Z hlediska cévního zásobení míchy je nejdůležitější *art. spinalis anterior*, která přijímá krev jednak z obou *aa. vertebrales*, jednak z radikulárních větví interkostálních, popř. i lumbálních tepen. Při přerušení průtoku sestupnou aortou záleží na vzájemném vztahu obou uvedených zdrojů. Je-li *art. spinalis anterior* zásobena převážně z *art. vertebrales*, pak uzávěr sestupné aorty v jejím průchodném úseku nemusí být sledován významnější ischemií míchy. Při opačném vztahu, tzn. při převaze interkostálních tepen, je nebezpečí ischemického poškození nepoměrně vyšší. Zde má zásadní význam *art. radicularis magna*, označovaná také jako „Adamkiewiczova tepna“. Její vyřazení při resekci výdutě má za následek ireverzibilní ischemické poškození míchy. Ačkoli je popsán její odstup z interkostálních tepen v rozsahu od Th5 až po L4, nejčastěji odstupuje mezi Th9-10 a L1-2. Předoperační diagnostika topografie této tepny je zatím více než nejistá a nespolehlivá, a proto při resekci rozsáhlých výdutí je vhodná implantace distálních párů interkostálních tepen do cévní protézy, s předpokladem odstupu „Adamkiewiczovy tepny“ z této nejčastější oblasti [248].

K prevenci a zmírnění ischemie míchy existuje celá řada metod [44, 77, 86, 93, 96, 112, 128, 160, 196, 203, 220, 233, 247]. To samo o sobě ukazuje, že doposud nebyla nalezena optimální metoda a že žádná z používaných technik není ideální. V praxi většina pracovišť různým způsobem kombinuje a modifikuje následující postupy:

- Levostranný bypass – spojení levé síně se stehenní tepnou systémem kanyl a čerpadla mimotělního oběhu k zajištění perfuze dolní poloviny těla. Není potřeba používat oxygenátor.
- Femoro-femorální veno-arteriální bypass – ať již s oxygenátorem, nebo bez něj, kdy je kanylou zavedenou přes stehenní žílu do dolní duté žíly odebírána krev a vracena pomocí čerpadla do stehenní tepny.
- Nesvlaživý (Gottův) shunt – polyvinylovou trubicí o průměru 7 – 9 mm s nesráživým vnitřním povrchem je vytvořen dočasný zkrat mezi úsekem hrudní aorty nad úrovní naložených svorek a pod ní. Proximální část zkratu je zaváděna buď do srdce, vzestupné aorty, aortálního oblouku, nebo do levé podklíčkové tepny. Distální část pak do stehenní tepny, méně často do periferní části sestupné aorty. Předností je možnost operovat bez celkové heparinizace.

- Spinoplegie – aplikace Ringerova roztoku o teplotě 5 °C do uzavřeného vaku výdutě nebo přímo do interkostálních tepen, a tím chlazení epidurálního prostoru.
- Celková hypotermie – ať již střední (28 – 30 °C) nebo hluboká (16 – 20 °C) se zachovanou srdeční akcí nebo komorovou fibrilací, event. doplněná o částečnou exsanguinaci.
- Snížení tlaku cerebrospinálního moku jeho odpouštěním při překročení tlaku 10 torrů, event. místní aplikací papaverinu.
- Snímáním somatosenzorických evokovaných potenciálů při uzavírání interkostálních tepen a tím rozpoznání odstupu „Adamkiewiczovy tepny“ a implantace důležitých interkostálních tepen.

Za současného stavu vědomostí a dosažitelných technik nelze vznik paraplegie vyloučit. Avšak při kombinaci distální aortální perfuze, hypotermie, snížení tlaku cerebrospinálního moku a reimplantace interkostálních tepen lze výskyt paraparézy či paraplegie významně snížit [206].

#### 4.2.5. Implantace stentgraftů

Implantace stentgraftů se provádí standardně pomocí tubárního aortálního stentgraftu zavedeného cestou *art. femoralis communis*. Stentgraft (endovaskulární protéza) je kombinace stentu a syntetické cévní protézy. Nejčastěji je stentgraft tvořen umělou cévní protézou (polyester, ePTFE) v celém rozsahu vyztuženou kovovým samoexpandibilním skeletem (chirurgická ocel, nitinol). [4, 120] Jeho výhody jsou v jednoduché manipulaci při zavádění a schopnosti kopírovat změny morfologie krčku v průběhu doby. Hlavní roli ve fixaci stentgraftu hraje stent a jeho mechanické vlastnosti – radiální síla. Tato stentovaná anastomóza je však považována za hlavní slabinu endovaskulární léčby. Zaváděcí systém umožní zavedení stentgraftu na místo určení, jeho umístění a vysunutí. Základem je široký katétr z polyuretanu s hemostatickou chlopní na zevním konci.

Vlastní implantaci stentgraftu provádíme tak, že po uvedení nemocného do anestezie provedeme preparaci *art. femoralis*. Po vodiči zavedeme katétr a provedeme ověřovací angiografii. Za skiaskopické kontroly zavedeme a uvolníme stentgraft do

požadované polohy tak, aby překryl patologický úsek aorty. Poté provedeme dodilatování stentgraftu balónkovým katetrem. Správné uložení stentgraftu ověříme kontrolní angiografií a echokardiografií. Po odstranění zaváděcího zařízení provedeme chirurgickou suturu arteriotomie v třísle.

Implantace stentgraftů se v oblasti hrudní aorty nejvíce uplatňují v sestupné části hrudní aorty [68, 69, 114, 146, 153, 192, 201]. Přestože se při těchto metodách nereplantují interkostální tepny, výsledky ve smyslu frekvence paraparéz a paraplegií jsou příznivější, než při léčbě chirurgické [53, 80, 137, 141, 212, 236]. Navíc operační zátěž při implantaci stentgraftu je jistě výrazně nižší, než při resekci a náhradě protézou [73, 144]. Nevýhodou endovaskulární léčby je především neznalost dlouhodobých výsledků [158], riziko vzniku endoleaku [105, 113, 142, 234], destrukce stentgraftu a možnost jeho migrace [150, 157, 217]. Rovněž může při nebo po implantaci stentgraftu do descendentní aorty dojít ke vzniku retrográdně se šířící disekce [14, 180, 195]. Popsán byl rovněž vznik bronchoesofageální píštěle [18, 198]. Lze však předpokládat, že s dalším rozvojem této metody se implantace stentgraftu stane metodou volby při léčbě aneuryzmat a disekcí sestupné aorty.

### 4.3. Metody peroperační ochrany mozku

Specifikem operačních výkonů v oblasti aortálního oblouku je nutnost zastavení krevního průtoku touto oblastí po dobu vlastního operačního výkonu na aortálním oblouku. Vzhledem k tomu, že z aortálního oblouku odstupují větve zásobující mozek, je potřeba při těchto výkonech použít některou z metod peroperační ochrany mozku [249]. Neurologické komplikace jsou jednou z hlavních příčin mortality i pooperační morbiditý při výkonech v oblasti aortálního oblouku [50]. Proto efektivita použité ochrany mozku do značné míry ovlivňuje výsledek operace [95]. Lze bez nadsázky říct, že historie operací v oblasti aortálního oblouku je historií peroperační ochrany mozku.

V současnosti se používají čtyři základní způsoby vedení mimotělního oběhu v průběhu výkonů v oblasti aortálního oblouku. Jsou to hluboká hypotermie a oběhová zástava, retrográdní perfuze mozkem, ortográdní perfuze mozkem a separátní perfuze horní a dolní poloviny těla [22, 23]. Každá z těchto metod má své výhody a nevýhody, každá má své příznivce a odpůrce. Jednotlivá pracoviště zabývající se problematikou

operací v oblasti aortálního oblouku si vypracovávají své modifikace výše uvedených variant. V následujícím textu tedy budou uvedeny základní principy, modifikace, výhody i nevýhody jednotlivých metod.

#### 4.3.1. Hluboká hypotermie a oběhová zástava

Princip této metody je založen na známém faktu, že snížení tělesné teploty vede ke zpomalení tkáňového metabolismu, zachování energetických zásob a snížení orgánové spotřeby kyslíku. První kdo tento předpoklad ověřil v experimentu na zvířeti byl Bieglow v roce 1950 [16]. Následně bylo prokázáno, že s každým poklesem teploty organismu o  $10^{\circ}\text{C}$ , klesá spotřeba kyslíku přibližně o 50 % [38]. Při tělesné teplotě  $37^{\circ}\text{C}$  je spotřeba kyslíku  $120\text{ml}/\text{m}^2/\text{min}$ , snížením tělesné teploty na  $20^{\circ}\text{C}$  spotřeba kyslíku klesne na  $33\text{ml}/\text{m}^2/\text{min}$ .

Při použití hluboké hypotermie a oběhové zástavy hned po spuštění mimotělního oběhu zahájíme chlazení nemocného na centrální teplotu  $16 - 20^{\circ}\text{C}$ . V průběhu ochlazování nemocného chirurg připravuje oblast aortálního oblouku, případně provádí výkon v oblasti vzestupné aorty či aortálního bulbu. Důležité je dostatečné ventování srdce, protože po snížení teploty pod  $28^{\circ}\text{C}$  dochází většinou ke spontánní fibrilaci komor a bez adekvátního ventování může docházet k distenzi srdečních oddílů se všemi negativními důsledky. K urychlení chlazení nemocného je možno podávat vazodilatační látky. Perfusionista postupně snižuje průtok mimotělního oběhu v závislosti na poklesu teploty. Po dosažení cílové teploty anesteziolog obloží hlavu pacienta vaky s ledem a jako prevenci edému mozku přidá do mimotělního oběhu kortikosteroidy, manitol a furosemid. Hodnoty hematokritu je vhodné udržovat v rozmezí  $0,15 - 0,2$ , protože při hypotermii stoupá viskozita krve. Poté nastavíme stůl do Trendellenburgovy polohy, abychom snížili riziko vzduchové embolizace do mozkových tepen. Zastavíme mimotělní oběh a nemocného parciálně exsanguinujeme (často je třeba použít přídatný krevní vak). Poté sejmemе svorku z aorty a započneme s vlastní rekonstrukcí aortálního oblouku. Srdce je po dobu operačního výkonu zastaveno a chráněno kardioplegií zvyklým způsobem. Po ukončení této fáze výkonu provedeme důkladné odzdušnění sestupné aorty a aortálního oblouku včetně odstupujících tepen a naložíme svorku na aortu, resp. protězu nahrazující aortu. Perfusionista spustí mimotělní oběh, zahájí ohřívání nemocného a průtok mimotělního oběhu zvyšuje adekvátně ke stoupající

tělesné teplotě nemocného. Anesteziolog koriguje především acidózu a výkyvy glykémie a minerálů. Ohřívání nemocného nesmí být příliš rychlé, protože v důsledku různého stupně rozpustnosti plynů v krvi při různých teplotách mají tyto plyny při ohřívání tendenci se uvolňovat a mohly by vést až k mikroembolizacím. Proto mezi jednotlivými médii voda – krev – nemocný nesmí rozdíl teplot přesáhnout 10<sup>0</sup>C. [148].

Hlavní výhodou této metody ochrany mozku je její technická nenáročnost a přehledné bezkrevné pole. Zásadní nevýhodou je však časové omezení, přičemž horní hranice bezpečné délky oběhové zástavy není přesně známá a je výrazně individuální [83, 243]. Jako relativně bezpečná se uvádí při teplotě 15<sup>0</sup>C doba 40 – 45 minut [106, 132, 152]. Dalšími nevýhodami je prodloužení celé operace dané nutností nemocného chladit a následně ohřívát a negativní dopad hluboké hypotermie (hemokoagulace, acidobazická rovnováha, endokrinní změny, použití tkáňových lepidel apod.) [94]. Vzhledem k uvedeným výhodám a nevýhodám lze oběhovou zástavu v hluboké hypotermii doporučit pouze pro výkony, kde předpokládáme velmi krátkou dobu oběhové zástavy (do 15 minut) a to především pro ta pracoviště, která nemají zkušenost s některou jinou metodou ochrany mozku.

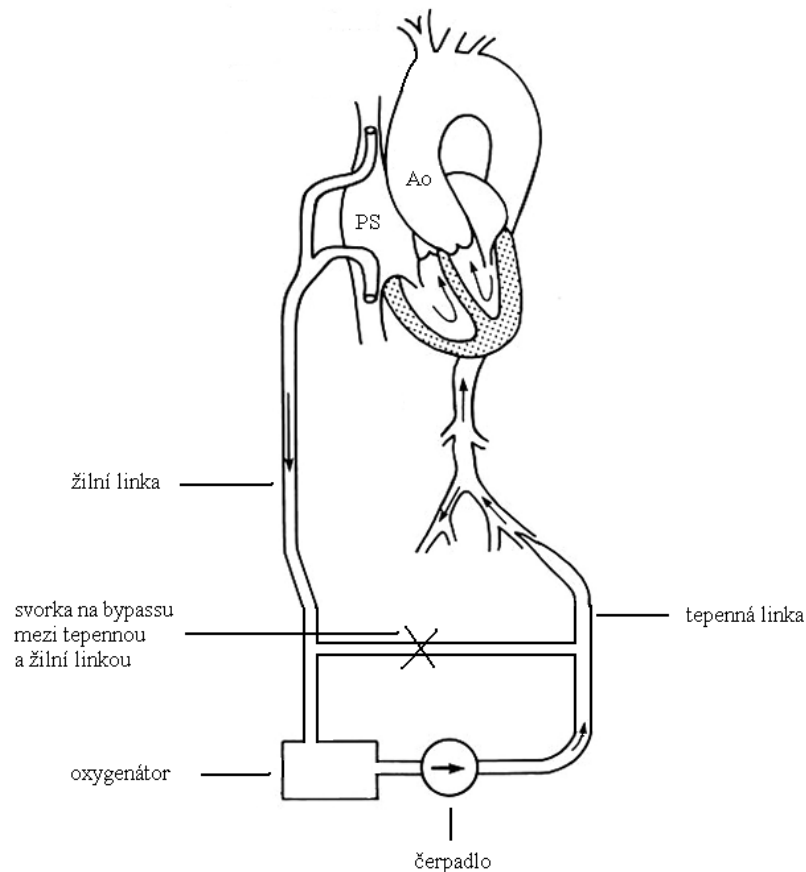
#### 4.3.2. Retrográdní perfuze mozkiem

Princip této metody je založen na kombinaci celkové hypotermie, která sníží metabolické nároky mozku a perfuze mozku okysličenou krví prováděnou retrográdně cestou horní duté žíly. Za tímto účelem je hadicový set uzpůsoben tak, že za oxygenátorem je umístěn bypass mezi tepennou a žilní linkou, který je v dosahu perfuzionisty a který umožňuje podávání okysličené a ochlazené krve žilní linkou (Obrázek 9).

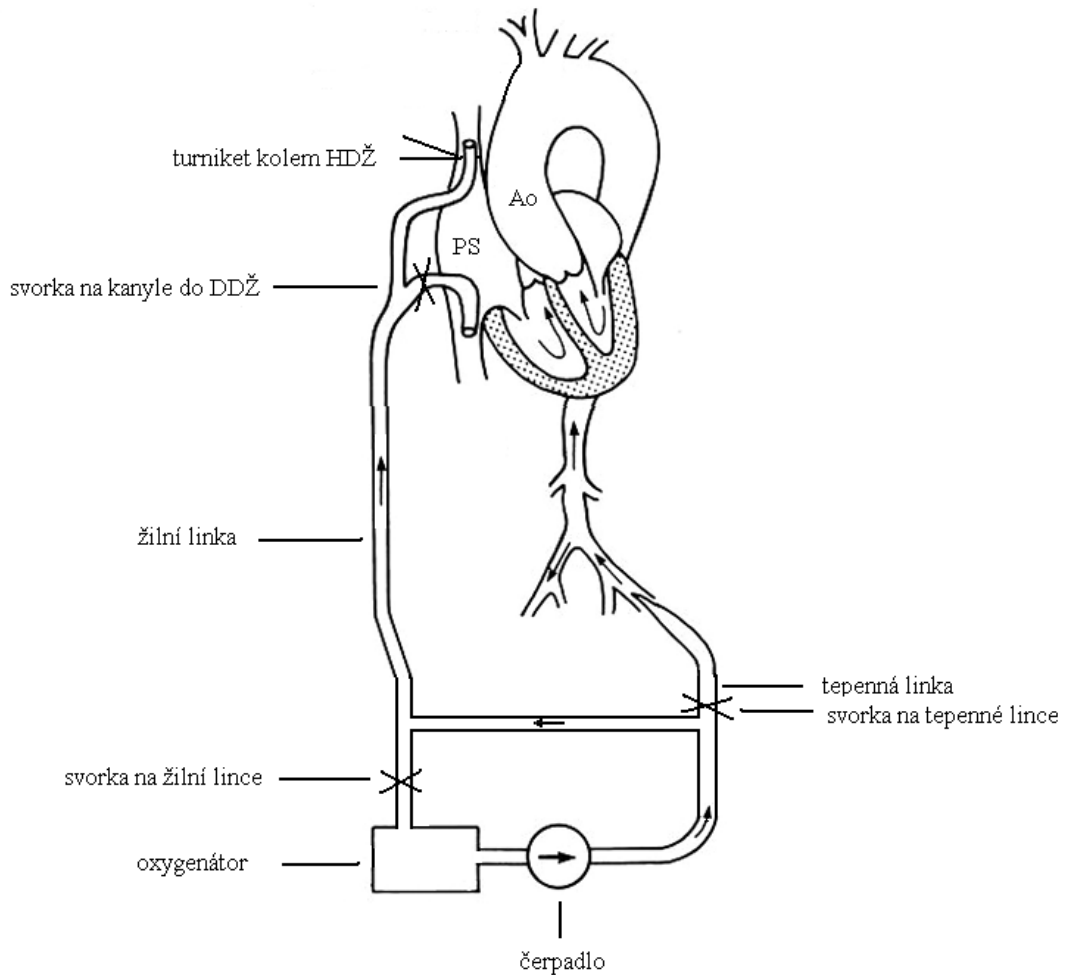


Obrázek 9

Schéma hadicového setu před zahájením retrográdní perfuze mozkem



Méně vhodnou variantou je vytvoření bypassu mezi tepennou a žilní linkou na operačním stole, kdy potom směrování krevního toku do tepenné či žilní linky provádí chirurg nakládáním svorek na hadicový systém. Začátek operačního výkonu se neliší od výše popsané hluboké hypotermie. Stejným způsobem dosáhneme hypotermie, stejná jsou rovněž opatření anesteziologa. Po dosažení cílové teploty perfuzionista zastaví mimotělní oběh, přičemž je třeba dbát na to, aby nedošlo k zavzdušnění žilní linky. Chirurg dotáhne turniket kolem kanyly zavedené do horní duté žíly a naloží svorku na kanylu do dolní duté žíly. Perfuzionista naloží svorku na tepennou linku za odstupem bypassu do žilní linky a zahájí perfuzi CNS (Obrázek 10).

Schéma retrográdní perfuze mozkiem

Perfuzi se provádí průtokem 500 ml/min, přičemž tlak v systému nesmí překročit 25 mm Hg [32, 202]. Krev vytékající z tepen oblouku aorty je odsávána koronárním sáním. Díky variabilitě žilního systému se může stát, že se část krve dostává do lumbálních žil a vrací se do pravé síně cestou dolní duté žíly [57]. Dochází potom k postupnému plnění pravé síně, kterou je třeba intermitentně vyprázdnit. Po ukončení výkonu v oblasti aortálního oblouku odvzdušníme sestupnou aortou a aortální oblouk, obnovíme celotělovou perfuzi zvyklým způsobem a zahájíme ohřívání nemocného způsobem uvedeným v předchozí kapitole.

Výhodou retrográdní perfuze mozkiem je především snížení rizika embolizace jak vzduchové, tak pevných částic do CNS. V porovnání s hlubokou hypotermií bez perfuze mozkiem je maximální bezpečná délka zástavy oběhu při použití retrográdní perfuze mozkiem delší (60 – 70 minut), avšak i zde je výrazně individuální a není přesně stanovena. Hlavní nevýhodou retrográdní perfuze mozkiem je velká variabilita žilního systému a přítomnost funkčních chlopní ve vnitřní jugulární žíle [57]. Proto není jasné, jak velká část perfuze je směřována do extrakraniálního a jak velká část do intrakraniálního řečiště. To je také důvodem určité nespolehlivosti této metody. Další nevýhodou je zpětné krvácení z tepen zásobujících mozek do operačního pole, které může významně znesnadňovat operaci. Vzhledem k uvedeným výhodám a nevýhodám je sice některými autory tato metoda používána a doporučována [32, 186, 202], avšak většina pracovišť v současné době preferuje ortográdní perfuzi mozkiem [92, 95, 214, 215].

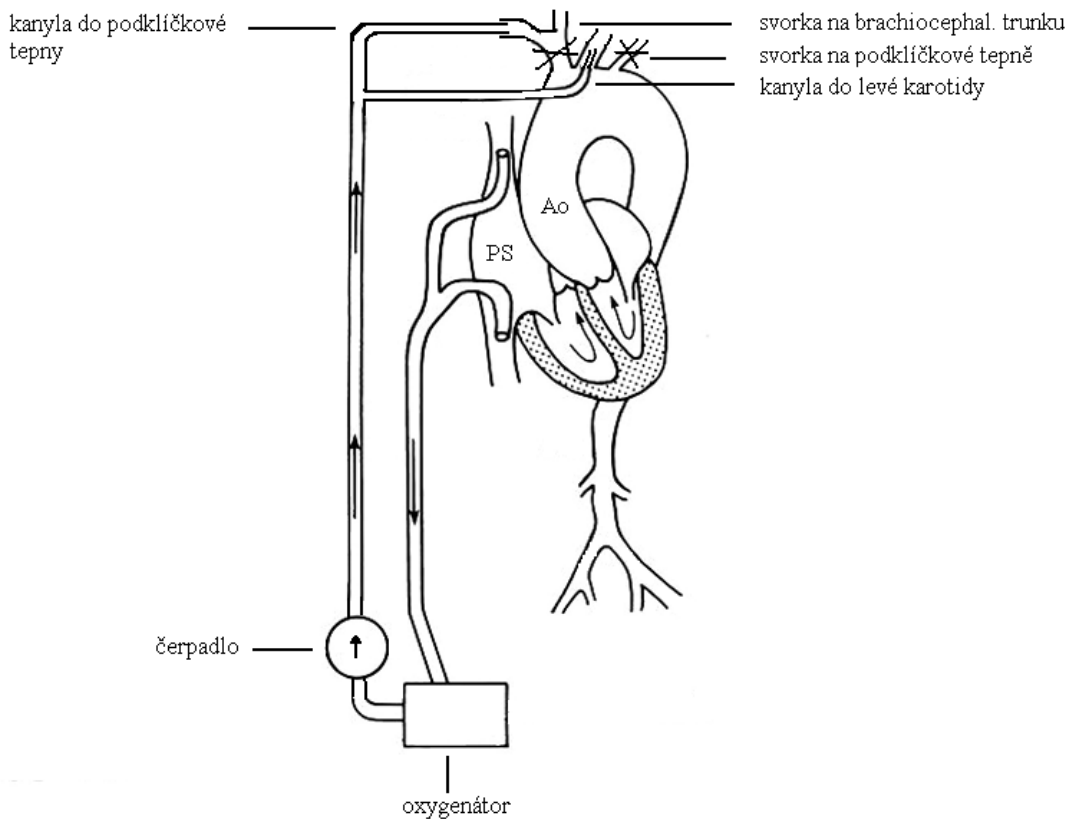
#### 4.3.3. Ortográdní perfuze mozkiem

Ortográdní perfuzi mozku poprvé úspěšně použil DeBakey v roce 1957. V současné době je to nejrozšířenější způsob peroperační ochrany mozku při výkonech v oblasti aortálního oblouku [7, 60, 111]. Principem je ortográdní perfuze mozku okysličenou krví cestou karotických tepen [2, 70]. Tím je zajištěn dostatečný přísun kyslíku do mozku a jeho perfuze je v zásadě totožná s perfuzí v průběhu normálního mimotělního oběhu [99]. Ortográdní perfuze mozkiem se dále kombinuje s různým stupněm hypotermie, který má jednak protektivní vliv na dolní polovinu těla, která není perfundována, jednak vytváří bezpečnostní prostor pro krátkodobé přerušení ortográdní perfuze mozkiem v případě technických obtíží. Míra hypotermie je u této metody uváděna různými autory různě, většinou se však pohybuje v rozmezí 22 – 28 st.C.

Před začátkem mimotělního oběhu do tepenné linky vřadíme odbočku, která bude sloužit k zajištění perfuze mozku. Tepennou kanylu zavádíme do *art. femoralis*, *truncus brachiocephalicus* nebo *art. axillaris dx.* či *art. subclavia dx.* V poslední době jsou preferovány posledně jmenované přístupy, protože se při nich vyhýbáme retrográdní perfuzi břišní a sestupnou hrudní aortou, což je výhodné zvláště u disekcí hrudní aorty [188, 224, 226]. Navíc tento přístup podstatně zjednoduší vlastní vedení ortográdní perfuze mozkiem, jak bude popsáno dále. *Truncus brachiocephalicus* je možno

kanylovat ze střední sternotomie, není tedy třeba separátní incize. Tento přístup preferujeme především u výdutí, kde je šíře *truncus brachiocephalicus* většinou dostatečná a zavedená kanyla nevytváří obstrukci. Naopak se kanylaci této tepny vyhýbáme u disekcí, které mohou přestupovat i na *truncus brachiocephalicus* a hrozilo by tedy riziko zakanylování falešného lumen. Kanylaci *art. axillaris dx.* či *art. subclavia dx.* preferujeme u disekcí a u těch nemocných, kde je šíře či délka *truncus brachiocephalicus* nedostatečná k zavedení kanyly. Jako přístup volíme incizi v deltoideopektorálním sulku, je rovněž možný přístup z incize v podklíčkové a velmi vzácně i nadklíčkové oblasti. Při preparaci tepny musíme dbát na to, abychom neporanili *plexus brachialis*. Dle šíře *art. axillaris* zavádíme kanylu buď přímo do *art. axillaris*, nebo přes krátkou protézu našitou „end to side“ na *art. axillaris*. Žilní kanylu zavádíme zvyklým způsobem. Po spuštění mimotělního oběhu zahájíme ochlazování nemocného. Systémové tlaky monitorujeme na obou radiálních tepnách. Zvláště při přímé kanylaci *truncus brachiocephalicus* musíme dbát na to, aby kanyla nevytvářela obstrukci, což by se projevilo diferencí mezi tlaky na obou radiálních tepnách. Pokud jsme kanylovali přímo *art. axillaris dx.* či *art. subclavia dx.*, potom monitorujeme pouze tlak na levé radiální tepně. Po dosažení požadované míry hypotermie anesteziolog obloží hlavu pacienta vaky s ledem a jako prevenci edému mozku přidá do mimotělního oběhu kortikosteroidy, manitol a furosemid. Nyní v případě perfuze vedené cestou *truncus brachiocephalicus* či *art. axillaris dx.* nebo *art. subclavia dx.* pouze snížíme otáčky mimotělního oběhu na 10 ml/kg/min a naložíme svorku na *truncus brachiocephalicus*. Tím máme zajištěnou ortográdní perfuzi mozku cestou *art. axillaris dx.* (*art. subclavia, truncus brachiocephalicus*) – *art. carotis dx.* – *circulus arteriosus Willisii* – *art. carotis sin.* bez nutnosti zastavení perfuze mozku a bez výraznějšího rizika embolizace. Vzhledem k tomu, že většinou nemůžeme bezpečně vyloučit stenózy v intrakraniálním řečišti, většina pracovišť doporučuje ihned po provedení incize aortálního oblouku zavést odbočku z tepenné linky do odstupu levé krkavice a perfundovat ortográdně mozek rovněž cestou této tepny. Levou podklíčkovou tepnu většinou neperfundujeme a uzavíráme ji svorkou (Obrázek 11).

Schéma ortográdní perfuze mozkiem



Pokud jsme mimotělní oběh vedli cestou stehenní tepny, potom po dosažení požadované míry hypotermie nastavíme stůl do Trendellenburgovy polohy, zastavíme mimotělní oběh, sejmeme svorku z aorty, provedeme incizi aortálního oblouku a zavedeme odbočku z tepenné linky do *truncus brachiocephalicus* a levé krkavice, spustíme ortográdní perfuzi mozkiem a svorkou uzavřeme levou podklíčkovou tepnu. Nevýhodou tohoto postupu je jeho větší komplikovanost, nutnost přerušit krátkodobě perfuzi mozkiem, větší riziko embolizace do CNS a přítomnost většího množství kanyl v operačním poli, které mohou komplikovat vlastní výkon na aortálním oblouku. K zavedení perfuze do odstupů tepen z aortálního oblouku používáme nejčastěji kanyly s obturačním balónkem na konci (například kanyly používané k podávání retrográdní kardioplegie), je však možno použít i kanyly bez obturačního balónku a kanylu zajistit

turniketem. Je s výhodou, pokud je kanyla vybavena kanálem pro měření tlaku na špičce kanyly, protože tento nám umožňuje monitorovat tlak v krkavicích.

Ortográdní perfuzi mozkiem provádíme průtokem 10 ml/kg/min [151, 155, 172]. Po celou dobu ortográdní perfuze mozkiem monitorujeme tlak v mozkovém řečišti, který by se měl pohybovat v rozmezí 40 – 70 torrů [211, 232, 251]. Nejvýhodnější je monitorovat tlak přímo v krkavicích, pokud jsme nekanylovali přímo *art. axillaris dx.* či *art. subclavia dx.*, můžeme tlak monitorovat také na pravé radiální tepně. Dále u nemocného monitorujeme saturaci krve z jugulárního bulbu buď intermitentně, nebo lépe kontinuálně. Je rovněž vhodné použít sledování bispektrální analýzou či monitorovat EEG. Podle potřeby potom upravujeme průtok. Po ukončení výkonu v oblasti aortálního oblouku odstraníme kanyly zavedené do odstupů z oblouku a sejmemе svorku z levé podklíčkové tepny. V případě oběhu vedeného cestou *truncus brachiocephalicus* či pravé podklíčkové tepny sejmemе svorku z *truncus brachiocephalicus* a zvýšíme otáčky čerpadla, čímž obnovíme mimotělní oběh a započneme s ohříváním nemocného. Pokud jsme vedli mimotělní oběh cestou stehenní tepny, můžeme obnovit perfuzi stejnou cestou, nebo častěji přemístíme tepennou kanylu do protézy nahrazující aortální oblouk a spustíme perfuzi ortográdně. V obou případech musíme dbát na důkladné odzdušnění sestupné aorty a oblouku. Opatření při ohřívání jsou stejná, jako bylo uvedeno v kapitole o hluboké hypotermii a oběhové zástavě.

Hlavní výhodou ortográdní perfuze mozkiem je, že zachovává po celou dobu operace průtok okysličené krve tepenným řečištěm mozku [123]. Tento průtok je dobře monitorovatelný a dobře regulovatelný. Riziko embolizace je zvláště v kombinaci s kanylací podklíčkové tepny velmi malé [183, 204] a metoda není příliš komplikovaná. Při dodržení všech výše uvedených zásad lze považovat takto prováděnou peroperační ochranu mozku za relativně bezpečnou v rozsahu času potřebného k provedení celého spektra výkonů prováděných v oblasti aortálního oblouku [1, 5, 62, 63, 64, 126]. Nevýhodou metody je nutnost alespoň střední hypotermie se všemi důsledky z toho plynoucími.

#### 4.3.4. Separátní perfuze horní a dolní poloviny těla v normotermii

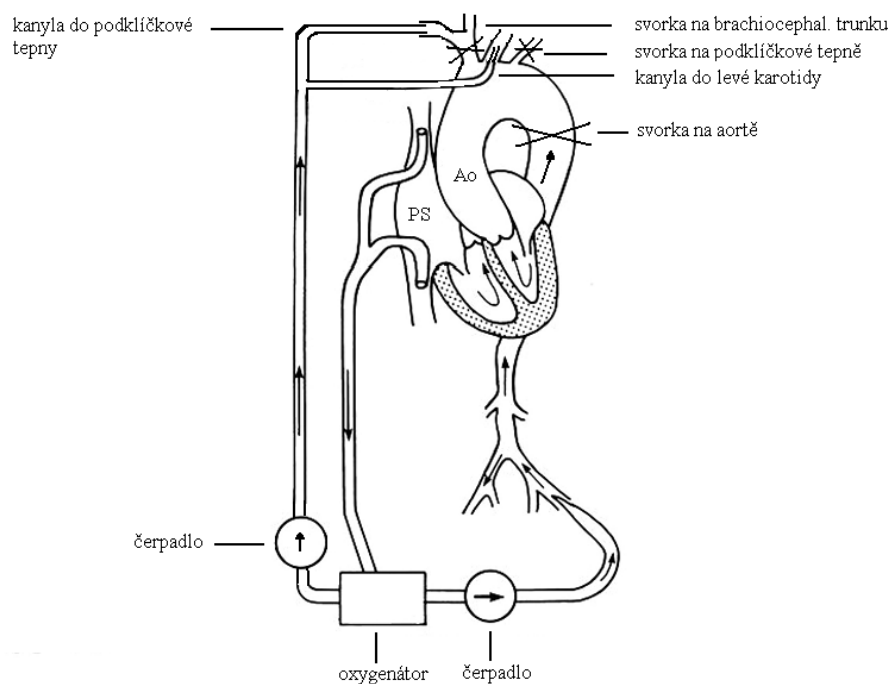
Principem metody je použití dvou nezávislých čerpadel, z nichž jedno slouží k perfuzi mozku a horní poloviny těla a druhé k perfuzi dolní poloviny těla. Tím

v zásadě úplně odpadá nutnost hypotermie, přesto většina pracovišť, která tuto metodu používají, z bezpečnostních důvodů používá mírnou hypotermii.

Technické provedení této metody je podobné, jak bylo uvedeno v kapitole o ortográdní perfuzi mozkiem. Rozdíl spočívá v tom, že nemocného neochlazujeme (nebo pouze do mírné hypotermie). Perfuzi mozkiem a horní polovinou těla provádíme způsobem popsáním v předchozí kapitole, stejné jsou rovněž průtoky a monitorování nemocného. Na rozdíl od předchozí metody však po incizi aortálního oblouku obturujeme aortu pod odstupem podklíčkové tepny svorkou nebo obturačním balonem a zahájíme perfuzi dolní poloviny těla separátním čerpadlem kanylou zavedenou do stehenní tepny (Obrázek 12).

Obrázek 12

Schéma separátní perfuze horní a dolní poloviny těla



Monitorujeme přitom tlak v druhostranné stehenní tepně. Tím máme zajištěnu perfuzi celého těla s výjimkou aortálního oblouku, kde operujeme. Po dokončení

výkonu v oblasti aortálního oblouku zastavíme perfuzi dolní poloviny těla, sejmemе sorky ze sestupné aorty a *truncus brachiocephalicus* a obnovíme perfuzi cestou podklíčkové tepny.

Výhodou této metody je možnost provedení výkonu v normotermii nebo pouze mírné hypotermii se všemi výhodami z toho plynoucími. Míra peroperační ochrany mozku i míchy a splachnické oblasti je velmi vysoká. Nevýhodou metody je její větší komplikovanost kladoucí vysoké nároky především na perfuzionistu. Další nevýhodou, především u výkonů vedených v normotermii, je časově velmi omezený prostor pro vyřešení případných technických obtíží. Problémem může být rovněž obturace sestupné aorty zvláště u nemocných s těžce kalcifikovanou sestupnou aortou nebo tam, kde distální anastomózu provádíme jako „*elephant trunk*“. Na našem pracovišti tuto metodu používáme u výkonů, kde by bez jejího použití byla nutná dlouhá doba oběhové zástavy. Použitím této metody výrazně snížíme riziko ischemického postižení dolní poloviny těla, tedy především postižení míchy a splachnické oblasti.

## 5. Hybridní chirurgicko-endovaskulární výkony

Využití hybridních technik v léčbě komplexních onemocnění hrudní aorty je založeno na kombinování chirurgických technik, jejichž výhodou jsou ověřené dobré dlouhodobé výsledky a endovaskulárních technik, které pacientovi přinášejí snížení operačního rizika [26]. Tento způsob léčby zatím není příliš častý a provádí ho pouze omezený počet pracovišť. Proto také v literatuře nenajdeme rozsáhlé randomizované studie, ale jsou publikovány pouze výsledky u poměrně malých souborů pacientů, případně jejich metaanalýzy [159]. Naprostá většina prací hodnotí soubory retrospektivně a ani v blízké budoucnosti nelze předpokládat publikaci výsledků rozsáhlejší prospektivní randomizované studie.

Hybridní výkony v oblasti aortálního oblouku používáme ve dvou odlišných situacích. První je situace, kdy potřebujeme provést náhradu aortálního oblouku, ale pacient je příliš rizikový k provedení standardní otevřené chirurgické náhrady, tedy v situaci, kdy se potřebujeme vyhnout oběhové zástavě. V takovém případě můžeme použít „*debranching*“ oblouku. Druhou situací je nutnost řešení patologie v oblasti aortálního oblouku a zároveň descendentní aorty, kde chceme kombinovat výhodu

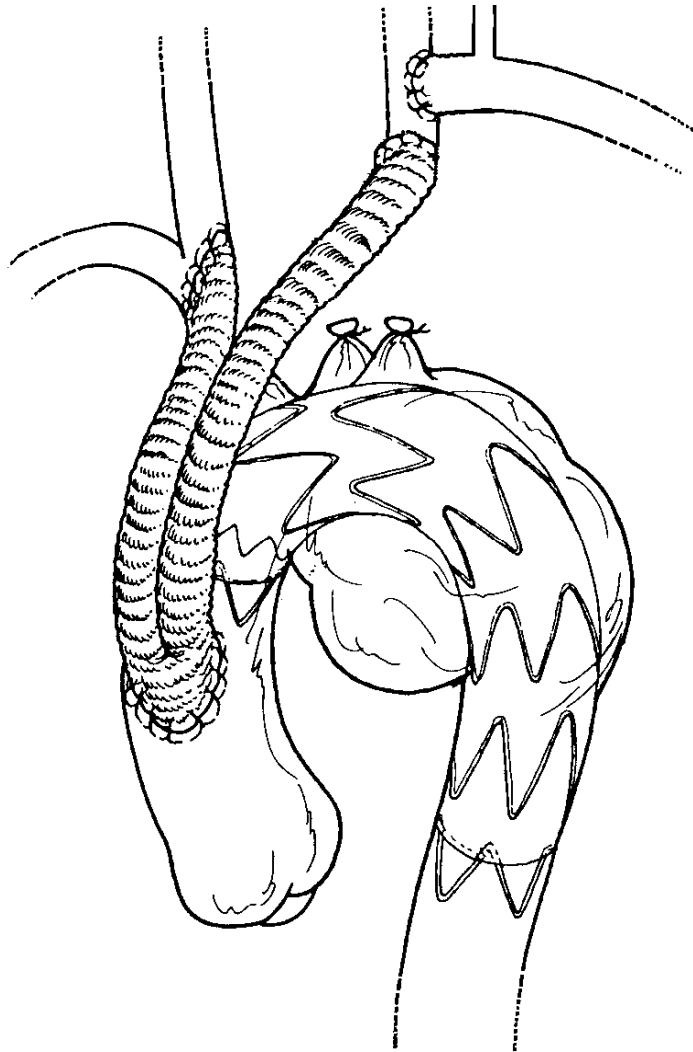


chirurgického řešení aortálního oblouku a endovaskulárního řešení patologie descendentní aorty. Zde používáme metodu „*stented elephant trunk*“ nebo „*frozen elephant trunk*“. Nejčastěji používanými hybridními výkony v oblasti hrudní aorty tedy je kombinace chirurgické revaskularizace větví aortálního oblouku a implantace stentgraftu do aortálního oblouku a descendentní aorty („*arch debranching*“) a kombinace náhrady aortálního oblouku protézou a implantace stentgraftu do descendentní aorty („*stented* či *frozen elephant trunk*“).

### 5.1. Kombinace chirurgické revaskularizace větví aortálního oblouku a implantace stentgraftu do aortálního oblouku a descendentní aorty

Do této skupiny patří operace, kdy kombinací chirurgické a endovaskulární léčby podstatně snížíme operační zátěž především odstraněním nutnosti použití mimotělního oběhu a oběhové zástavy [72, 82]. Lze ji použít u nemocných, u kterých aneuryzma nebo chronická disekce zaujímá oblast aortálního oblouku a event. zasahuje do descendentní aorty, a kteří jsou vzhledem k celkovému stavu neúnosní k provedení náhrady aortálního oblouku v mimotělním oběhu a oběhové zástavě [154, 209, 228, 246]. Principem této metody je v první době provedení bypassu, který vychází ze vzestupné aorty a zajišťuje perfuzi horní poloviny těla a podvázání větví odstupujících z aortálního oblouku [11, 130, 158, 200, 213]. V druhé době potom implantujeme stentgraft, který pokrývá aortální oblouk a descendentní aortu [49, 51, 55, 84, 205]. Existuje celá řada možností, jak provést první chirurgickou část výkonu [12, 256]. Obrázky 15 - 20 ukazují jednotlivé možnosti provedení rekonstrukcí. Základní modifikací je provedení aorto-trunko-karotického bypassu a transpozice levé podklíčkové tepny. Schéma tohoto operačního výkonu je znázorněno na Obrázku 13.

Schéma aorto-trunko-karotického bypassu a transpozice levé podklíčkové tepny

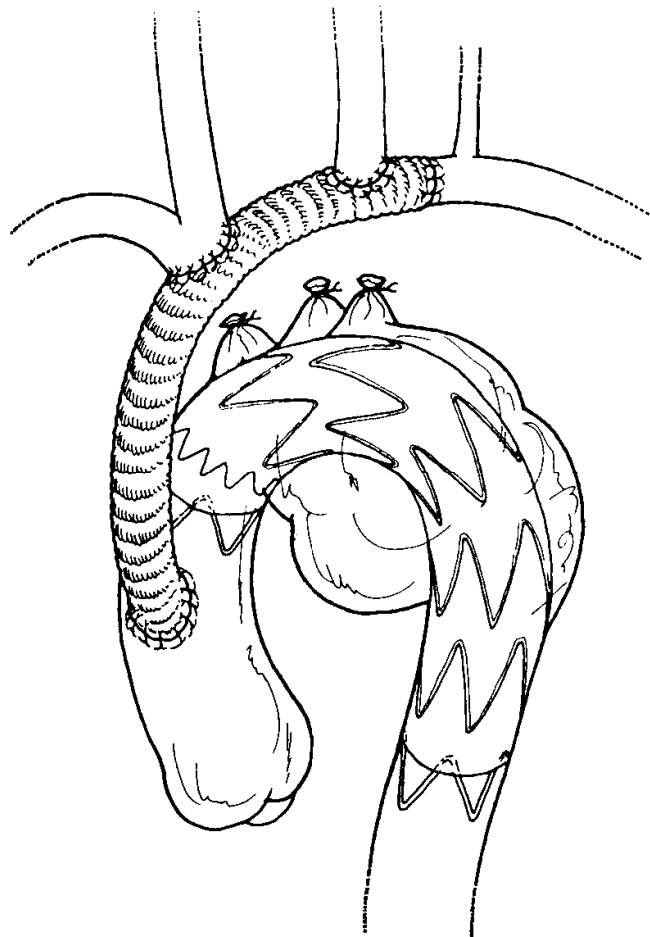


Z podélné sternotomie nebo parciální sternotomie při něm vypreparujeme vzestupnou aortu a odstupy větví z oblouku. Poté našijeme společné raménko bifurkační protézy na vzestupnou aortu. Tato anastomóza je typu „end to side“ a provádíme ji na nástěnné svorce bez použití mimotělního oběhu. Je třeba použít dostatečně velkou nástěnnou svorku, protože společné raménko protézy musí být dostatečně šikmo sestřížené, aby po našití anastomózy protéza odstupovala pod ostrým úhlem a nedocházelo k jejímu zalamování. Distální pól anastomózy označíme kovovým klipem, abychom usnadnili následnou implantaci stentgraftu v druhé době. Poté provedeme anastomózu jednoho raménka bifurkační protézy s *truncus brachiocephalicus* a druhého

raménka s levou společnou krkavicí. Tyto anastomózy je možno provést jako anastomózy „*end to side*“ nebo lépe jako anastomózy „*end to end*“. K usnadnění provedení anastomóz zvláště při špatném přístupu je někdy vhodné provést nejprve anastomózu mezi *truncus brachiocephalicus* resp. společnou krkavicí a kouskem protézy a teprve poté suturovat tento kousek protézy s raménkem bifurkační protézy. Tímto způsobem je jednodušší dosáhnout správné délky ramének protézy, což je velmi důležité pro dobrou dlouhodobou průchodnost bypassu. Výkon dále doplníme provedením transpozice levé podklíčkové tepny či levostranným karotikosubklaviálním bypassem. Všechny tři větve odstupující z aortálního oblouku podvážeme, takže perfuze horních končetin a hlavy je kompletně zajištěna protézou odstupující z ascendentní aorty a je možné v druhé době implantovat stentgraft do oblouku aorty.

Jinou možností znázorněnou na Obrázku 14 je modifikace předchozího postupu, kdy nenašíváme větvený bypass, ale sekvenční. V tomto případě našijeme nejprve na vzestupnou aortu cévní protézu, do které potom všíváme „*end to side*“ *truncus brachiocephalicus* a levou karotidu druhý konec protézy anastomózuje „*end to end*“ s levou podklíčkovou tepnou.

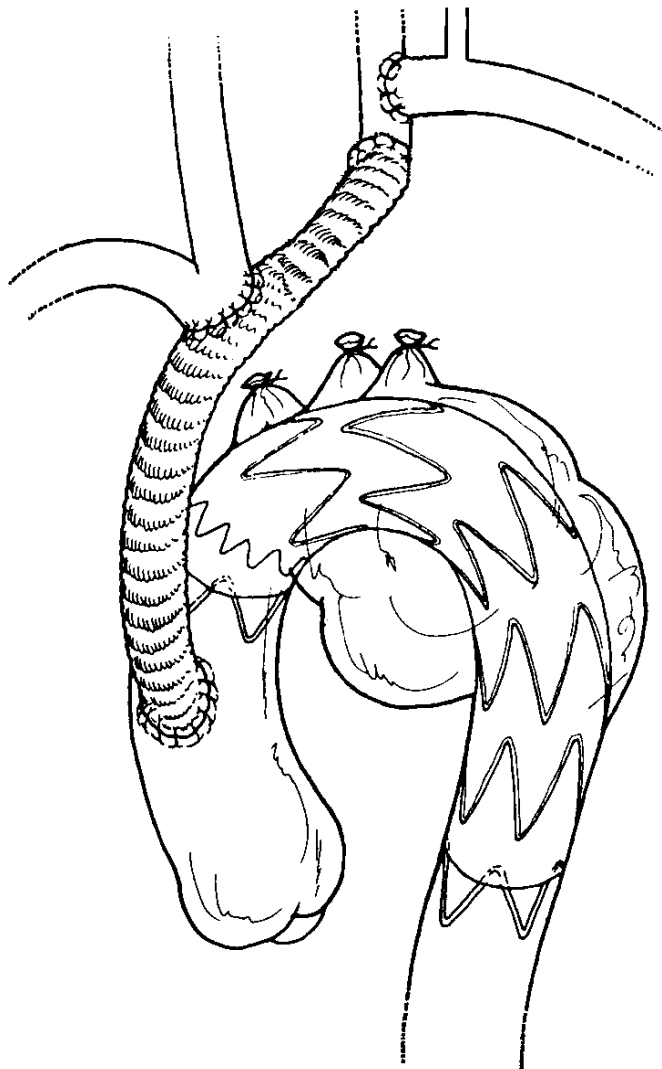
Schéma sekvenčního bypassu



Tento způsob používáme, pokud je na vzestupné aortě nedostatek místa pro naložení velké nástěnné svorky. Nevýhodou je větší riziko zalomení bypassu. Tento způsob lze také modifikovat tak, že konec protézy anastomozujeme „end to end“ s levou společnou krkavicí a výkon doplníme transpozicí levé podklíčkové tepny či levostranným karotikosubklaviálním bypassesem. Schéma této modifikace je znázorněno na Obrázku 15.

Obrázek 15

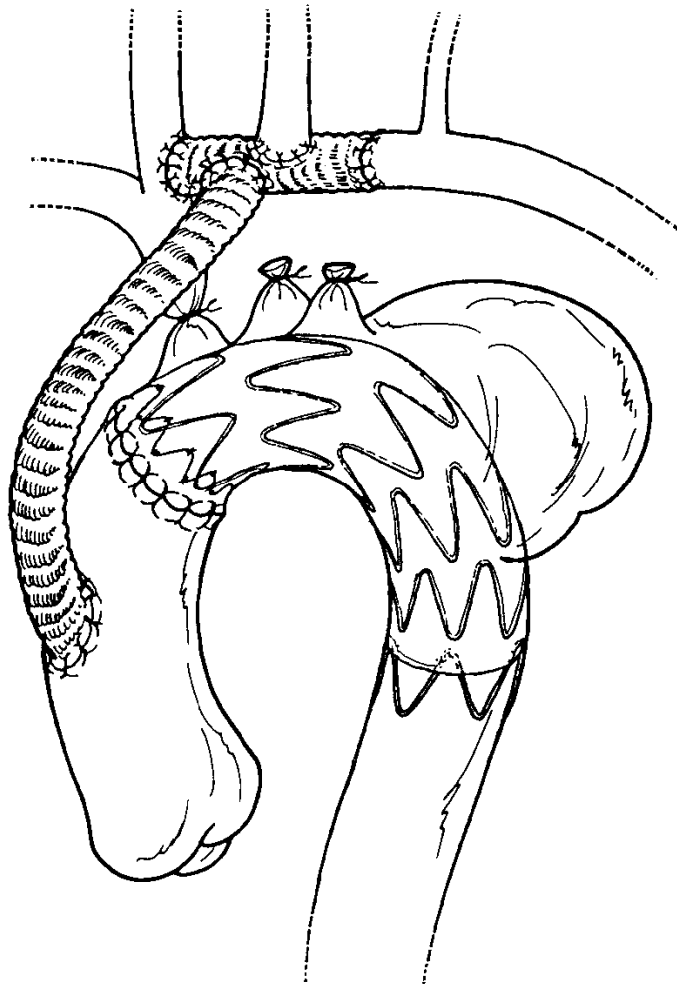
Schéma modifikace sekvenčního bypassu



Je rovněž možné provést modifikaci tohoto výkonu znázorněnou na Obrázku 16.

Obrázek 16

Schéma modifikace větveného bypassu



Nejméně vhodným způsobem rekonstrukce je provedení extraanatomického bypassu z *art. iliaca* či *art. femoralis* na pravou společnou karotidu, do kterého „*end to side*“ anastomózuje levou podklíčkovou tepnu a levou společnou krkavici (Obrázek 17).

Schéma extraanatomického sekvenčního bypassu

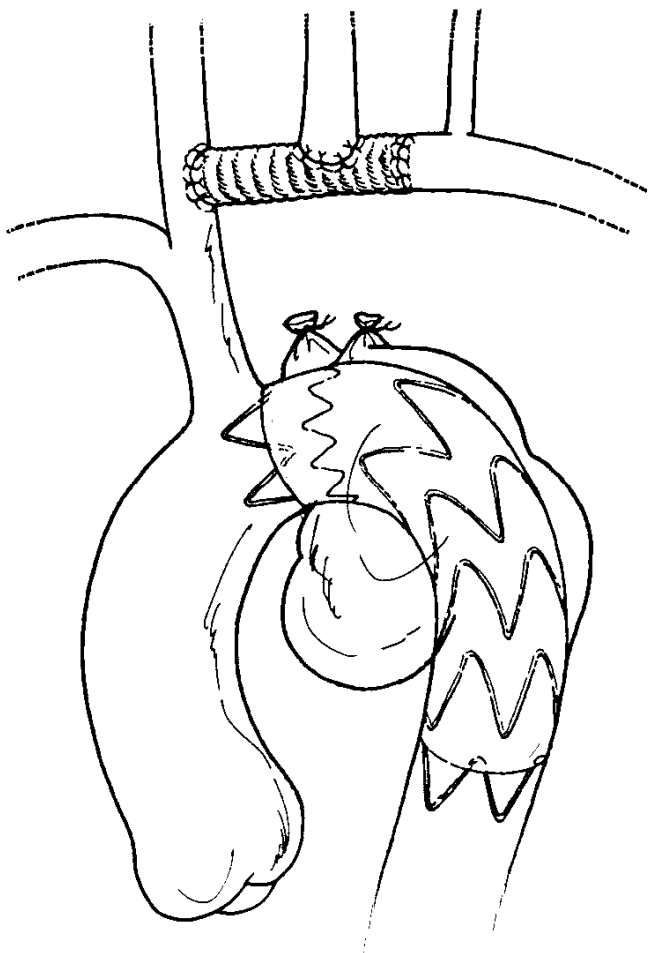


Tento způsob rekonstrukce je vyhrazen pouze jako východisko z nouze pokud z jakéhokoliv důvodu není možno provést anastomózu na vzestupnou aortu. Hlavní nevýhodou této rekonstrukce je horší dlouhodobá průchodnost extraanatomického bypassu. Pokud je aneuryzma oblouku, které budeme řešit stentgraftem, lokalizováno pouze v distální části oblouku a proximální část stentgraftu bude umístěna distálně od odstupu *truncus brachiocephalicus* je možno provést rekonstrukci znázorněnou na Obrázku 18. Při ní pomocí protézy vzájemně anastomózujeme všechny tři větve odstupující z oblouku takovým způsobem, že můžeme podvázat odstupy levé

podklíčkové tepny a levé společné karotidy. Výhodou tohoto způsobu je snadnější provedení bez nutnosti sternotomie a menší operační zátěž [102].

Obrázek 18

Schéma karotiko-karotiko-subklaviálního bypassu



Existuje celá řada dalších méně často užívaných modifikací, nicméně princip všech těchto rekonstrukcí je společný - dosáhnout zajištění perfuze horní poloviny těla po podvázání větví odstupujících z aortálního oblouku, aby bylo v druhé době možno patologii v aortálním oblouku řešit implantací tubulárního stentgraftu. Přitom zvolený

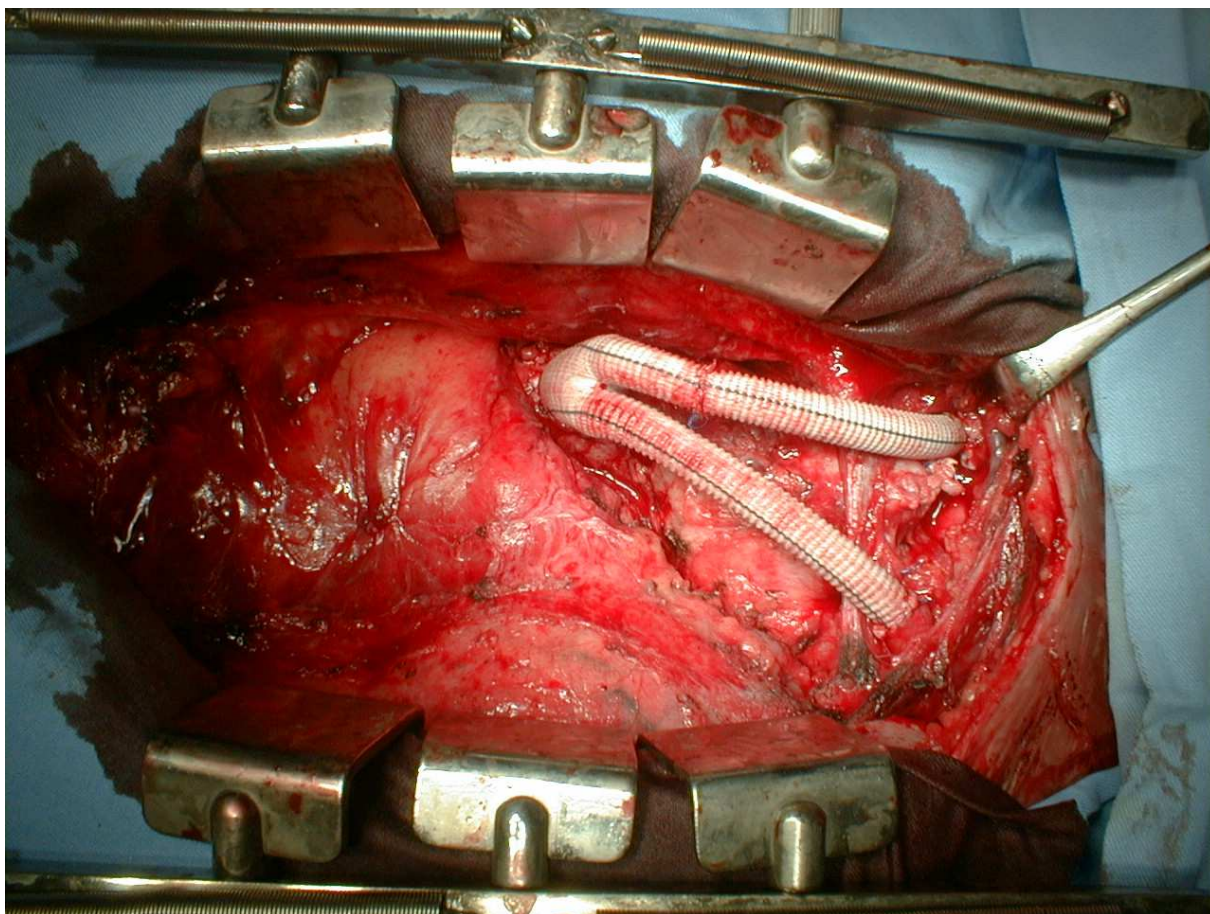


typ rekonstrukce záleží především na preferenci a zkušenosti operátora a je významně ovlivňován lokálním nálezem a anatomickými poměry.

Obrázek 19 ukazuje peroperační pohled na provedený bifurkační bypass z ascendentní aorty na *truncus brachiocephalicus* a levou společnou krkavici.

Obrázek 19

Peroperační pohled na provedený bifurkační bypass z ascendentní aorty na *truncus brachiocephalicus* a levou společnou krkavici



Obrázek 20 dokumentuje implantaci stentgraftu do oblouku a descendentní aorty.

Obrázek 20

Implantace stentgraftu do oblouku a descendentní aorty



## 5.2. Kombinace náhrady aortálního oblouku protézou a implantace stentgraftu do descendentní aorty

Tuto metodu používáme u nemocných s rozsáhlým postižením hrudní aorty, které zaujímá jak oblouk (a event. ascendentní aortu), tak descendentní aortu. U těchto nemocných je standardním chirurgickým řešením náhrada aortálního oblouku (a event. vzestupné aorty) a sestupné aorty buď v jedné době, nebo v první době náhrada aortálního oblouku a v druhé době náhrada descendentní aorty. Tento výkon představuje velmi vysokou operační zátěž a je spojen s nezanedbatelnou morbiditou i mortalitou. V oblasti aortálního oblouku je hlavním faktorem, který rozhoduje o výsledku chirurgické léčby kromě bezchybné operační techniky především kvalitní peroperační ochrana mozku. Této problematice byla vzhledem k její důležitosti věnována samostatná kapitola. Přes všechna úskalí a rizika je v současné době pro oblast aortálního oblouku metodou volby léčba chirurgická, která spočívá v resekci a náhradě aortálního oblouku s replantací větví odstupujících z oblouku. V oblasti descendentní aorty je situace poněkud odlišná. Chirurgická léčba je zde spojena rovněž s poměrně vysokým rizikem [55, 121]. I při dobré operační technice a kvalitní peroperační ochraně míchy je zde nezanedbatelné riziko paraplegie [43]. Naopak endovaskulární léčba je pro oblast descendentní aorty dobře vypracovaná [10, 33, 79, 100, 193] a je spojena s velmi dobrými krátkodobými i střednědobými výsledky [20, 21, 31, 149, 223]. Riziko paraplegie je při ní poměrně nízké [54]. Nevýhodou jsou zatím nejasné dlouhodobé výsledky [30, 121].

Principem kombinované chirurgicko-endovaskulární léčby rozsáhlých onemocnění hrudní aorty zaujímající jak aortální oblouk, tak descendentní aortu je kombinovat výhody chirurgické léčby v oblasti aortálního oblouku s výhodami endovaskulární léčby v oblasti descendentní aorty. Vlastní operační výkon se tedy skládá ze dvou částí. V první provedeme náhradu aortálního oblouku protézou a v druhé implantujeme stentgraft do descendentní aorty [24]. Tuto metodu poprvé popsal Fann se spolupracovníky [78]. Chirurgickou a endovaskulární část můžeme provádět v různém pořadí nebo v jedné době.

Operační postup při náhradě aortálního oblouku byl popsán v kapitole o operačních výkonech prováděných v oblasti aortálního oblouku. Pokud tuto část provádíme jako první část kombinovaného chirurgicko-endovaskulárního výkonu, je velmi důležité,

abychom při náhradě oblouku vytvořili dostatečně dlouhý a kvalitní krček pro následné zakotvení stentgraftu. Nejvýhodnější je provést distální anastomózu typu „*elephant trunk*“. Volná část protézy ponechaná v descendentní aortě potom vytváří ideální krček pro následné zakotvení stentgraftu, přičemž tento krček lze považovat za velmi stabilní bez rizika další dilatace, je přesně známa jeho šíře a ta je v celé délce stejná. Operační technika při konstruování distální anastomózy typu „*elephant trunk*“ se výrazně neliší od zvyklé operační techniky. Vzhledem k tomu, že implantaci stentgraftu můžeme provést poměrně velmi brzy po provedení první chirurgické fáze, je možno ponechat délku volné protézy delší, což zároveň usnadní následnou implantaci stentgraftu. Nesmírně důležité je označení okraje volného konce protézy kovovými klipy. Používáme 3 – 4 klipy stejnoměrně rozdělené po volném obvodu protézy, které při implantaci stentgraftu velmi podstatně usnadní zavedení vodiče a následně stentgraftu do volného okraje protézy a zakotvení stentgraftu. Některé typy moderních protéz již obsahují na volné části protézy markery a není tedy třeba aplikovat klipy. Pokud ponecháme volný konec protézy příliš krátký, může dojít k situaci, kdy se vstup do protézy opírá o laterální stěnu sestupné aorty nebo dokonce směřuje do aneuryzmatu za odstupem levé podklíčkové tepny. Za těchto okolností může být velmi nesnadné následné zavedení stentgraftu a jeho zakotvení v protéze [107]. Pokud není z jakýchkoliv důvodů možné provést distální anastomózu mezi protézou a aortou typu „*elephant trunk*“, snažíme se alespoň ponechat dostatečně dlouhý úsek mezi distální anastomózou a distálním pólem reimplantace odstupu větví z aortálního oblouku. Vždy kovovým klipem označujeme tento distální pól, abychom usnadnili orientaci při následné implantaci stentgraftu. Větve aortálního oblouku replantujeme na společném terči nebo používáme k provedení náhrady aortálního oblouku větvené protézy a větve anastomozujeme „*end to end*“. Použití větvených protéz v poslední době preferujeme, protože umožňuje snadnější ošetření případného zdroje krvácení a výkon je radikálnější.

Druhým krokem je implantace stentgraftu do descendentní aorty s jeho zakotvením do protézy nahrazující aortální oblouk. Chirurgickou a endovaskulární část můžeme provádět v různém pořadí nebo také v jedné době. Preferovanou variantou však je provedení chirurgické náhrady vzestupné aorty a oblouku v první době a implantace stentgraftu v druhé době. Výhodou této varianty je to, že nejprve vyřešíme patologii v oblasti vzestupné aorty a aortálního oblouku, která nemocného většinou více ohrožuje než patologie v oblasti descendentní aorty. Navíc je zakotvení stentgraftu do již našité umělé protézy technicky jednodušší než opačný postup, tedy přišití protézy do již

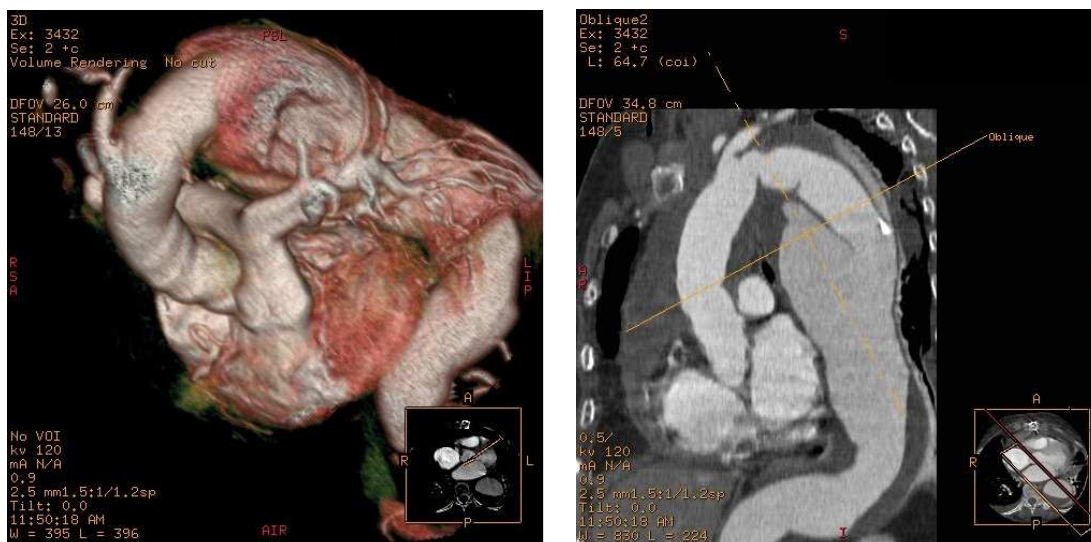
implantovaného stentgraftu. Provedení obou fází v jedné době odstraňuje nutnost druhého výkonu, podmínkou je však kvalitní hybridní sál a tato varianta vyžaduje velmi dobrou koordinaci činností mezi skupinou provádějící chirurgickou část a skupinou provádějící endovaskulární část.

Pro usnadnění implantace stentgraftu do volného konce protézy někteří autoři doporučují zpevnit volný okraj konce protézy stentem, který do protézy zavádějí před našitím distální anastomózy mezi protézou a aortou. S tímto postupem nemáme vlastní zkušenosti, avšak při kvalitním označení všech důležitých míst kovovými klipy jsme nezaznamenali větší problém se zavedením vodiče a stentgraftu do volného konce protézy.

Na Obrázku 21 je CT rekonstrukce po provedení náhrady oblouku protézou s distální anastomózou typu „elephant trunk“.

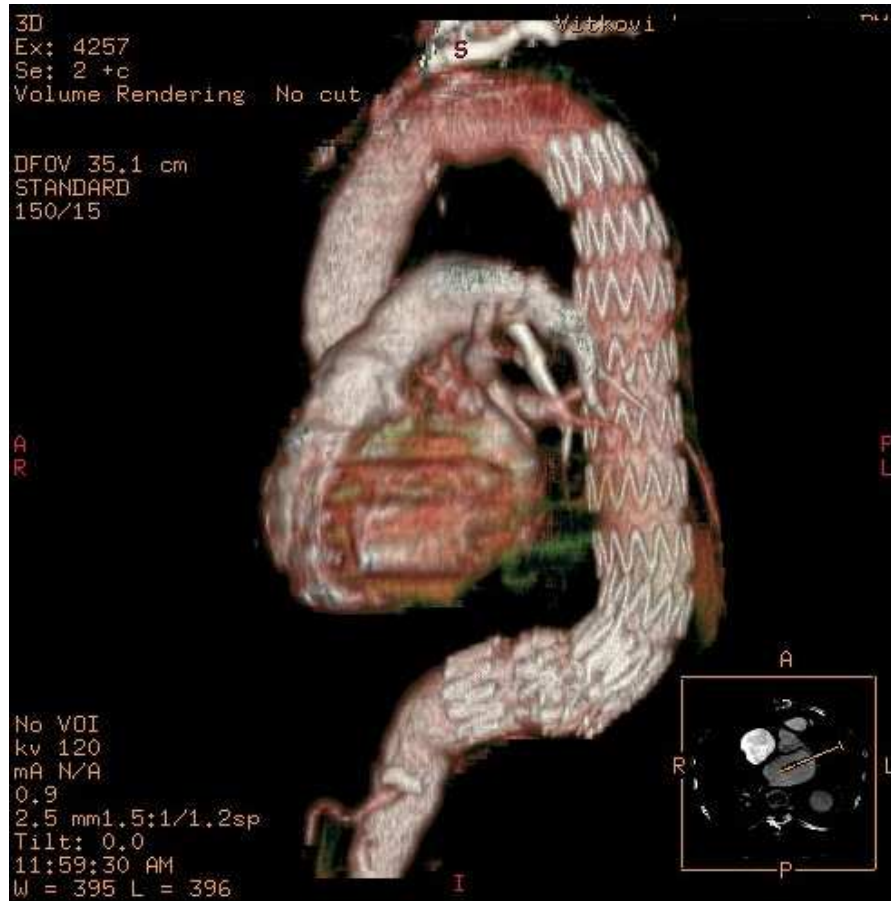
Obrázek 21

### CT scan po první fázi operace



Výsledný stav po provedení implantace stentgraftu s jeho centrálním zakotvením do volné části protézy nahrazující aortální oblouk dokumentuje CT rekonstrukce na Obrázku 22.



Výsledek chirurgicko-endovaskulárního výkonu

Výše popsaná metoda je v anglosaské literatuře nazývána jako „*stented elephant trunk*“. V poslední době se do popředí začíná dostávat modifikace této metody nazývaná jako „*frozen elephant trunk*“ [61, 108, 110, 116, 218, 245]. Při této modifikaci se používá speciální kompozitní stentgraft. Jedná se v podstatě o protézu, jejíž jedna část je vyztužena stentem a druhá část je bez stentu [88, 117, 164]. Obě části jsou umístěny ve společném zavaděči. Peroperačně v oběhové zástavě po incizi aortálního oblouku zavedeme tento kompozitní stentgraft do descendentní aorty a umístíme ho tak, že stentem vyztužená část je rozepjata v descendentní aortě a druhou, stentem nevyztuženou část poté použijeme k provedení náhrady aortálního oblouku. Výhodou použití tohoto kompozitního stentgraftu je provedení obou fází v jedné době [8, 39, 219,

235] a snížení rizika krvácení v místě distální anastomózy mezi protézou a aortou. Nevýhodou je potom nutnost zavedení stentgraftu peroperačně v době oběhové zástavy. Rovněž přesné umístění stentgraftu je obtížnější, především přesné umístění přechodu vyztužené a nevyztužené části. Tato metoda je výhodná pro nemocné s aneuryzmatem či disekcí vzestupné aorty, oblouku a proximální části descendentní aorty. Je však obtížně použitelná tam, kde aneuryzma descendentní aorty zasahuje až k bránici event. pod bránici a kde je nutné přesné umístění distálního konce stentgraftu, nebo je nutné použití speciálně „na míru“ vyrobených stentgraftů.

## 6. Cíle práce

Cílem práce bylo provést retrospektivní analýzu a shrnout naše zkušenosti s možnostmi použití kombinace chirurgických a endovaskulárních technik v léčbě rozsáhlých onemocnění hrudní aorty za použití metody „*stented elephant trunk*“.

Dílčí cíle práce představovalo:

- a) Za pomoci dat z Národního kardiochirurgického registru (NKR) a dostupné zdravotnické dokumentace vytvořit soubor nemocných, u kterých byla v letech 2001-2015 provedena na našem pracovišti hybridní chirurgicko-endovaskulární léčba rozsáhlého onemocnění hrudní aorty metodou „*stented elephant trunk*“.
- b) U tohoto souboru retrospektivně analyzovat výsledky chirurgické části hybridní léčby.
- c) Retrospektivně analyzovat výsledky endovaskulární části hybridního výkonu.
- d) Retrospektivně analyzovat střednědobé a dlouhodobé výsledky hybridní léčby.
- e) Na základě získaných výsledků v diskuzi zhodnotit přínos použití kombinace chirurgických a endovaskulárních technik v léčbě rozsáhlých onemocnění hrudní aorty pro klinickou praxi. Shrnout její výhody a nevýhody v porovnání s konvenčním způsobem léčby a nastínit další možnosti rozvoje jejího použití.

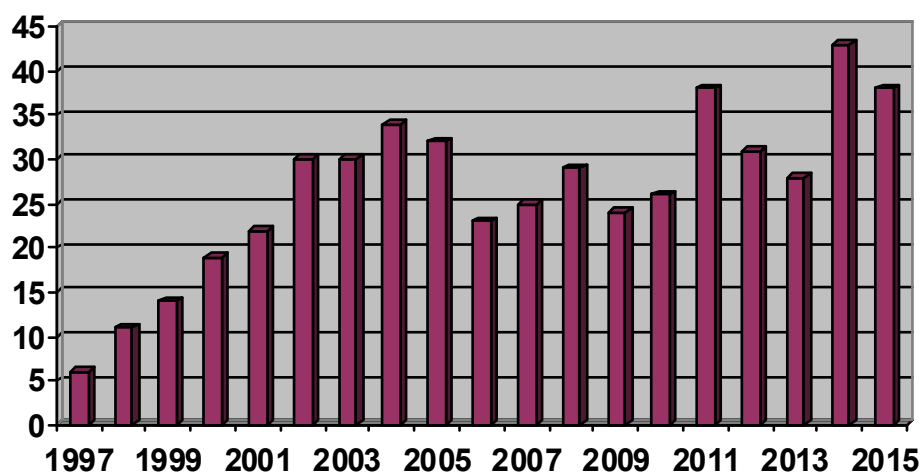
## 7. Materiál a metodika

### 7.1. Soubor pacientů

Kardiochirurgické centrum FN Ostrava vzniklo v roce 1993 a první operaci na hrudní aortě jsme provedli v únoru roku 1997. V následujících letech počty operací hrudní aorty začaly postupně narůstat. Vývoj počtu operací hrudní aorty na našem pracovišti v jednotlivých letech dokumentuje Graf 1.

Graf 1

Vývoj počtu operací hrudní aorty v KCH centru FN Ostrava  
(1997 – 2015)



Narůstala však nejen frekvence výkonů, ale rovněž jsme rozšiřovali spektrum prováděných výkonů. Od roku 1998 jsme začali provádět výkony v hluboké hypotermii, v roce 2000 jsme zavedli metodu ortográdní perfuze mozku. Ve stejném roce jsme začali provádět výkony se zachováním aortální chlopně („*valve sparing operations*“). Kombinacemi chirurgické léčby a léčby endovaskulární jsme se začali zabývat v roce 2001 a to ve spolupráci s Centrem vaskulárních intervencí Vítkovické nemocnice Blahoslavené Marie Antoníny a Radiologickou klinikou Fakultní nemocnice Ostrava, kde byla prováděna endovaskulární část těchto kombinovaných výkonů. Od roku 2003



jsme začali používat nové způsoby vedení perfuze, především perfuzi vedenou cestou levé podklíčkové tepny.

Ve sledovaném období, tedy v letech 2001 – 2015 jsme provedli celkem 465 operací na hrudní aortě. Tabulka 1 ukazuje podíl jednotlivých segmentů aorty u operačních výkonů na hrudní aortě provedených na našem pracovišti v letech 2001 - 2015.

Tabulka 1

Počty operačních výkonů na hrudní aortě dle jednotlivých segmentů aorty

(KCH centrum FN Ostrava 2001 – 2015)

<b>segment aorty</b>	<b>počet výkonů (n)</b>
kořen aorty	161
vzestupná aorta	413
aortální oblouk	105
sestupná aorta	24

Z uvedeného přehledu mimo jiné vyplývá poměrně vysoké zastoupení výkonů v oblasti aortálního oblouku. Součet operací v jednotlivých segmentech je vyšší než celkový počet operací, což je dáno tím, že u řady pacientů byl proveden výkon na více segmentech hrudní aorty. Následující Tabulka 2 uvádí důvod operace a počet pacientů, u kterých se jednalo o reoperaci.

Tabulka 2

Důvod operace

<b>důvod operace</b>	<b>počet (n) / rel. četnost (%)</b>
aneuryzma	283 / 60,9
akutní disekce	145 / 31,2
chronická disekce	33 / 7,0
ostatní	4 / 0,9
reoperace	63 / 13,5

Poměrně vysoká relativní četnost disekcí v posledních letech klesá díky narůstajícímu počtu nemocných operovaných pro aneuryzma. Tento trend považujeme za pozitivní. Rovněž však narůstá počet reoperací a množství přidružených chorob.

Naprostá většina uvedených pacientů (446 pacientů, 95,9 %) byla operována standardní chirurgickou technikou. Pouze u 19 pacientů (4,1 %) jsme použili metodu „*stented elephant trunk*“. Tato vysoce selektovaná skupina nemocných byla zahrnuta do prezentované retrospektivní analýzy a veškerá následující data se vztahují k této skupině pacientů.

## 7.2. Operační technika

U všech nemocných kromě jednoho byla operace provedena jako dvoustupňová. V prvním stupni byla provedena náhrada aortálního oblouku ze střední sternotomie. K vedení mimotělního oběhu byla kanylována *art. axillaris* nebo *truncus brachiocephalicus*, k žilní drenáži jsme standardně používali dvoustupňovou žilní kanylu, pouze u pacienta s uzávěrem defektu septa síní jsme použili separátní kanylaci dutých žil. U všech pacientů jsme ventovali plicnici.

K ochraně myokardu jsme používali studenou krevní kardioplegii podávanou antegrádně, jako ochrana mozku byla používána selektivní antegrádní mozková perfuze (bližší popis viz kapitola 4.3.3.). Distální anastomóza byla u většiny nemocných šita za použití techniky „*elephant trunk*“. Pokud nebylo z jakéhokoliv důvodu možné provést

distální anastomózu mezi protézou a aortou typu „*elephant trunk*“, snažili jsme se alespoň ponechat dostatečně dlouhý úsek mezi distální anastomózou a distálním pólem reimplantace odstupu větví z aortálního oblouku.

V druhém, endovaskulárním stupni výkonu byla provedena implantace stentgraftu do sestupné hrudní aorty s jeho zakotvením do protězy nahrazující aortální oblouk.

### 7.3. Sběr dat a statistické zpracování

Demografická, perioperační a pooperační data byla získána z databáze registru kardiologických výkonů (Národní kardiologický registr – ÚZIS) a z patientské dokumentace. Data byla analyzována retrospektivně. Statistické zpracování bylo provedeno za použití statistického softwaru MedCalc Statistical Software version 16.8 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium; <https://www.medcalc.org>; 2016). Hodnoty v tabulkách jsou uváděny jako průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, ke zhodnocení přežívání byla použita Kaplan-Meierova křivka.

## 8. Výsledky

### 8.1. Charakteristika souboru

Do studie bylo zařazeno 19 po sobě jdoucích nemocných, u kterých byla na našem pracovišti v letech 2001 - 2015 provedena pro rozsáhlé onemocnění hrudní aorty hybridní léčba za použití metody „*stented elephant trunk*“. Základní demografickou a klinickou charakteristiku souboru uvádí následující Tabulka 3.

Tabulka 3

Charakteristika souboru

počet nemocných (n)	19
věk (roky)	57 ± 11,5
muži/ženy	15 / 4
reoperace (n) / rel. četnost (%)	6 / 31,6
EF (%)	54,7 ± 7,2
kreatinin > 180 mmol/l (n) / rel. četnost (%)	1 / 5,3
hypertenze (n) / rel. četnost (%)	16 / 84,2
hyperlipidemie (n) / rel. četnost (%)	5 / 26,3
diabetes mellitus (n) / rel. četnost (%)	0 / 0
CHOCHBP (n) / rel. četnost (%)	1 / 5,3

*EF....ejekční frakce levé komory, CHOCHBP...chronická obstrukční choroba broncho-pulmonální*

Průměrný věk nemocných byl 57 let (33 – 76), výrazně převažovali muži (79 %). 6 nemocných (31,6 %) mělo anamnézu předchozí kardiochirurgické operace a jednalo se tedy u nich o reoperaci. Průměrná ejekční frakce levé komory srdeční činila 54,7 % (35 % - 60 %). Chronické onemocnění ledvin s předoperační hodnotou kreatininu nad 180 mmol/l měl pouze jeden nemocný (5,3 %), naopak hypertenzi mělo 16 nemocných (84,2 %). Hyperlipidémii mělo předoperačně 5 nemocných (26,3 %), chronickou obstrukční chorobu 1 nemocný (5,3 %) a *diabetes mellitus* žádný nemocný. Důvodem operace byla akutní disekce u 13 pacientů (68,4 %), chronická disekce u 2 pacientů (10,5 %) a aneuryzma u 4 nemocných (21,1 %) (viz Tabulka 4).

Tabulka 4

Důvod operace

akutní disekce (n) / rel. četnost (%)	13 / 68,4
chronická disekce (n) / rel. četnost (%)	2 / 10,5
aneuryzma (n) / rel. četnost (%)	4 / 21,1

## 8.2. Výsledky chirurgické části

Výsledky chirurgické části hybridního výkonu jsou shrnuty v Tabulce 5. Průměrná doba mimotělního oběhu byla 175 min (107 – 300), průměrná doba svorky byla 109 min (56 – 163) a průměrná doba oběhové zástavy byla 62 minut (17 - 114). Jako peroperační ochrana mozku byla u všech nemocných použita selektivní ortográdní perfuze mozku s hypotermií s průměrnou hodnotou centrální teploty 24 °C (22 – 28).

V průběhu chirurgické části hybridního výkonu zemřeli 2 nemocní, 30 denní letalita tedy byla 10,5 %. Tři nemocní (15,8 %) byli reoperováni pro krvácení, trvalý neurologický deficit se vyskytl u 1 nemocného (5,3 %) a dočasný neurologický deficit u 2 nemocných (10,5 %). Průměrná doba hospitalizace po operaci byla 17,4 dne (2 - 31 dní).

Tabulka 5

Výsledky chirurgické části

počet pacientů (n)	19
přidružené výkony	
- Bentallova operace (n) / rel. četnost (%)	4 / 21,1
- aortokoronární bypass (n) / rel. četnost (%)	3 / 15,8
- záchovná operace na chlopni (n) / rel. četnost (%)	1 / 5,3
- uzávěr DSS (n) / rel. četnost (%)	1 / 5,3
mimotělní oběh (min)	175 ± 43,8
svorka (min)	109 ± 31
oběhová zástava (min)	62 ± 22
centrální teplota v průběhu zástavy (°C)	24 ± 2
pooperační komplikace	
- úmrtí (n) / rel. četnost (%)	2 / 10,5
- reoperace pro krvácení (n) / rel. četnost (%)	3 / 15,8
- TND (n) / rel. četnost (%)	1 / 5,3
- PND (n) / rel. četnost (%)	2 / 10,5
délka hospitalizace po operaci (dny)	17,4 ± 8,5

*DSS...defekt septa síní, PND... přechodný neurologický deficit TND...trvalý neurologický deficit*

### 8.3. Výsledky endovaskulární části

Výsledky endovaskulární části hybridního výkonu jsou shrnuty v Tabulce 6.

Tabulka 6

#### Výsledky endovaskulární části

počet pacientů (n)	17
interval mezi chirurgickou a endovaskulární částí (dny)	78 ± 124
stentgraft neimplantován (n) / rel. četnost (%)	3 / 15,8
stentgraft implantován (n) / rel. četnost (%)	14 / 84,2
technický úspěch (n) / rel. četnost (%)	14 / 100
úmrtí (n) / rel. četnost (%)	1 / 5,9
TND (n) / rel. četnost (%)	0 / 0
PND (n) / rel. četnost (%)	0 / 0
endoleak (n) / rel. četnost (%)	2 / 11,8

*PND... přechodný neurologický deficit TND...trvalý neurologický deficit*

Tři pacienti (15,8 %) ze 17 jsme neindikovali k implantaci stentgraftu do descendentní aorty vzhledem ke stabilnímu nálezů v oblasti sestupné hrudní aorty. Tito pacienti byli pečlivě sledováni metodou “watchful waiting”, a byla u nich pravidelně prováděna CT vyšetření. Žádný z nich nemusel podstoupit implantaci stentgraftu nebo chirurgický výkon na hrudní aortě v průběhu celé doby sledování.

Průměrná doba mezi chirurgickou náhradou aortálního oblouku a implantací stentgraftu byla 78 dní (0 - 464 dní). V intervalu od propuštění po provedené náhradě aortálního oblouku do implantace stentgraftu jsme nezaznamenali žádné úmrtí. Implantace stentgraftu byla technicky úspěšná u všech nemocných. U dvou nemocných (11,8 %) byl následně CT vyšetřením zjištěn endoleak typu Ib. Nikdo z pacientů

neutržel trvalý ani přechodný neurologický deficit. Jeden pacient (5,9 %) v průběhu implantace stentgraftu zemřel. Jednalo se o jediného pacienta v našem souboru, u kterého jsme prováděli chirurgickou část i implantaci stentgraftu v jedné době (viz diskuze).

#### 8.4. Střednědobé a dlouhodobé výsledky

Průměrná doba pooperačního sledování byla 7,1 let. Výsledky tohoto sledování jsou shrnuty v následující Tabulce 7.

Tabulka 7

##### Výsledky pooperačního sledování

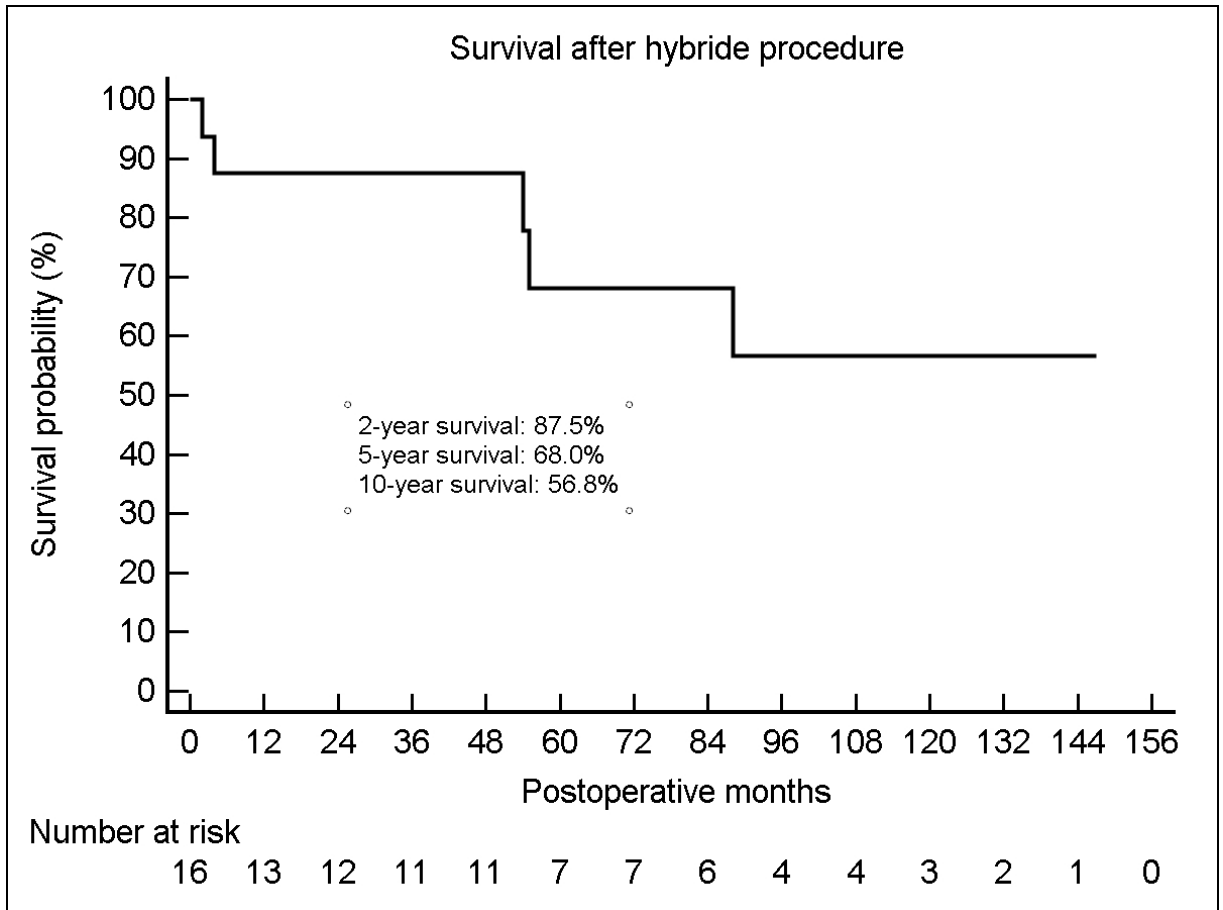
počet pacientů (n)	16
průměrná doba sledování (roky)	7,1 ± 3,7
nutnost endovaskulární neintervence (n) / rel. četnost (%)	2 / 12,5
nutnost chirurgické neintervence (n) / rel. četnost (%)	1 / 6,3
2-leté přežití (%)	87,5
5-leté přežití (%)	68,0
10-leté přežití (%)	56,8

U dvou nemocných (12,5 %) jsme museli provést endovaskulární reintervenci. V obou případech se jednalo o distální extenzi z důvodu endoleaku typu Ib. Jeden nemocný v průběhu sledování podstoupil kardiochirurgickou operaci. Jednalo se o náhradu aortální chlopně v důsledku endokarditidy aortální chlopně, která vznikla bez vztahu k provedenému hybridnímu výkonu na hrudní aortě. 2-leté, 5-leté a 10-leté přežití dle Kaplan-Meierovy analýzy bylo 87,5 %, 68,0 % a 56,8 % (viz Graf 2).



Graf 2

Přežívání po provedeném hybridním výkonu



## 9. Diskuze

Díky pokroku v diagnostice se stále častěji setkáváme s nemocnými s rozsáhlými aneuryzmaty zaujímavými ascendentní aortou, aortální oblouk i descendentní aortou. Pro tyto nemocné představuje kombinovaná chirurgicko-endovaskulární léčba, při které chirurgicky nahradíme aortální oblouk protézou a do descendentní aorty implantujeme stentgraft, vhodnou alternativu, která snižuje riziko výkonu a přitom umožňuje řešit onemocnění poměrně radikálně. Jedná se o metodu novou, která je i ve světovém písemnictví zmiňována pouze ojediněle a to především v posledních letech [37, 87, 241,

250]. Navíc většina publikovaných prací uvádí výsledky u malých souborů s počtem pacientů pod 10. Pouze zcela výjimečně jsou publikovány soubory s více než 20 pacienty. Tabulka 8 uvádí přehled nejrozsáhlejších souborů publikovaných v literatuře.

Tabulka 8

Soubory pacientů léčených metodou „stented elephant trunk“

<b>autor</b>	<b>rok publikace</b>	<b>počet pacientů (n)</b>	<b>reference</b>
Kawaharada et al.	2009	31	[121]
Zhao et al.	2012	24	[256]
Greenberg et al.	2005	22	[90]
Hofferberth et al.	2013	19	[101]
Brat et al.	2016	19	[28]
Carroccio et al.	2005	12	[37]

Z uvedeného je patrné, že náš soubor 19 nemocných se řadí mezi nejrozsáhlejší soubory, které byly v literatuře popsány.

Indikací k provedení chirurgicko-endovaskulárních výkonů spočívajících v kombinaci náhrady aortálního oblouku protézou a implantace stentgraftu do descendentní aorty je nejčastěji akutní disekce hrudní aorty nebo aneuryzma aorty. V našem souboru převládali pacienti operovaní pro akutní aortální disekci. Méně často jsou tyto výkony prováděny pro chronickou disekci hrudní aorty. U těchto nemocných je, dle naší zkušenosti, nezbytná velmi dokonalá předoperační znalost anatomických poměrů. Zvláště důležitá je znalost umístění a velikosti re-entry v distální hrudní a břišní aortě a informace o odstupu viscerálních větví z pravého či falešného lumen [13, 29]. Velmi nebezpečná je situace, kdy se u chronické disekce nalézá v blízkosti distálního zakončení stentgraftu rozsáhlé re-entry. Tímto re-entry totiž dochází k plnění falešného lumen a v podstatě ke vzniku endoleaku. Ačkoliv v literatuře je popisováno, že stav je řešitelný provedením „bandingu“ v místě distálního zakončení a

dodilatováním stentgraftu balonem, naše vlastní zkušenost je opačná. Podle ní není radiální síla stentgraftu dostatečně velká, aby zabránila pronikání krve do falešného lumen. Ani po provedení „bandingu“ v místě distálního zakotvení stentgraftu a dilatování této části stentgraftu se nám nepodařilo zabránit pronikání krve do falešného lumen, protože docházelo ke kompresi stentgraftu.

Předmětem diskuze v literatuře a rozdílného přístupu v klinické praxi je otázka, v jakém pořadí jednotlivé fáze hybridního výkonu provádět. V zásadě jsou možné všechny tři varianty [76]. První a nejčastěji používaná varianta je, když v první fázi provedeme chirurgicky náhradu vzestupné aorty a oblouku a v druhé době do protézy nahrazující oblouk zakotvíme stentgraft, kterým vyřešíme patologii v descendentní aortě. Výhodou této varianty je to, že nejprve vyřešíme patologii v oblasti vzestupné aorty a aortálního oblouku, která nemocného většinou více ohrožuje než patologie v oblasti descendentní aorty. Navíc je zakotvení stentgraftu do již našité umělé protézy technicky jednodušší než opačný postup, tedy přišití protézy do již implantovaného stentgraftu. U nemocných ohrožených více patologií v oblasti descendentní aorty je možné nejprve implantovat stentgraft do descendentní aorty a v druhé době provést náhradu ascendentní aorty a oblouku, přičemž protéza nahrazující oblouk je přímo suturována ke stentgraftu. Tuto variantu je rovněž možno použít u nemocných, kde rozsah aneuryzmatu v oblasti aortálního oblouku a ascendentní aorty nedosahuje rozměrů, které by byly indikací k operačnímu řešení. Takového nemocného můžeme po implantaci stentgraftu do descendentní aorty pečlivě dispenzarizovat a při progresi provést náhradu ascendentní aorty a oblouku.

Třetí možností je současné provedení chirurgické i endovaskulární léčby v jedné době, tedy zavedení stentgraftu do descendentní aorty peroperačně při provádění náhrady asc. aorty a oblouku [118, 119, 162, 166, 191, 240]. Tato varianta je technicky a organizačně nejobtížnější, vyžaduje mimo jiné velmi dobrou koordinaci činností mezi skupinou provádějící chirurgickou část a skupinou provádějící endovaskulární část. Tuto variantu tedy používáme u nemocných, u kterých nelze použít předchozí dvě možnosti [174].

V našem souboru jsme preferovali provedení chirurgické části hybridního výkonu jako první krok, následovaný v druhé době implantací stentgraftu. Pouze u jednoho nemocného jsme výkon prováděli v jedné době, jednalo se o nemocného, u kterého jsme se natolik obávali ruptury, že jsme zvolili provedení náhrady aortálního oblouku i implantaci stentgraftu v jedné době. V prezentovaném souboru není žádný nemocný, u

kterého bychom nejprve implantovali stentgraft do descendentní aorty a v druhé době nahrazovali aortální oblouk. Nicméně s tímto postupem máme rovněž zkušenost, použili jsme jej u nemocného, kde došlo při implantaci stentgraftu do descendentní aorty ke vzniku retrogradně se šířící disekce hrudní aorty. Protože se však nejednalo o pacienta, kterého bychom primárně plánovali k provedení hybridního výkonu, nezařazovali jsme ho do prezentovaného souboru. Můžeme však potvrdit literární údaje, že provedení anastomózy mezi již implantovaným stentgraftem a protézou nahrazující aortální oblouk je možné, avšak je technicky poměrně obtížné. Je potřeba anastomózu konstruovat velmi pečlivě a použití podložky uložené zevně aorty je dle naší zkušenosti vhodné.

V posledních letech se stále častěji používá metoda nazývaná „*frozen elephant trunk*“. Tento typ hybridního výkonu používáme u nemocných s onemocněním hrudní aorty zaujímajícím aortální oblouk a proximální část descendentní aorty. Používáme při ní speciální hybridní stentgraft. Jedná se v podstatě o protézu, jejíž distální část je vyztužena stentem a proximální část je bez stentu. Celý hybridní stentgraft je umístěný ve společném zavaděči. Peroperačně v oběhové zástavě po incizi aortálního oblouku zavedeme tento hybridní stentgraft do descendentní aorty a umístíme ho tak, že stentem vyztužená část je rozepjata v descendentní aortě a proximální, stentem nevyztuženou část poté použijeme k provedení náhrady aortálního oblouku zvyklou technikou s replantací větví oblouku na společném terči nebo za použití větvené protézy. Používáme standardní způsob ochrany mozku. Jedná se v podstatě o modifikaci metody „*stented elephant trunk*“ provedenou v jedné době. Výhodou použití tohoto hybridního stentgraftu je provedení obou fází v jedné době [59, 65, 225] a snížení rizika krvácení v místě distální anastomózy mezi protézou a aortou. Nevýhodou je nutnost zavedení stentgraftu peroperačně v době oběhové zástavy. Tato metoda je výhodná pro nemocné s aneuryzmatem či disekcí vzestupné aorty, oblouku a proximální části descendentní aorty. Je však obtížně použitelná až nepoužitelná tam, kde aneuryzma descendentní aorty zasahuje až k bránici event. pod bránici a kde je nutné přesné umístění distálního konce stentgraftu, nebo je nutné použití speciálně „na míru“ vyrobených stentgraftů.

Dalším diskutabilním problémem je optimální odstup mezi jednotlivými fázemi. V tomto směru není v literatuře jednotný názor, resp. chybí validní data. Obecně lze konstatovat, že odstup mezi jednotlivými fázemi by měl být co nejkratší. V praxi je však většinou dán na jedné straně závažností anatomického nálezu a tím mírou rizika ruptury, na druhé straně celkovým stavem nemocného po chirurgické fázi a

technickými, provozními a prostorovými možnostmi. Je totiž s výhodou, ne-li nutností, provádět druhou fázi ve speciálně vybavené katetrizační laboratoři a často musíme použít speciálně na míru vyrobené stentgrafty, jejichž výroba vyžaduje určitý čas. Proto stanovení optimálního načasování jednotlivých fází musí být velmi individuální.

V našem souboru byl interval mezi chirurgickou a endovaskulární částí hybridního výkonu v průměru 78 dní. To bylo dáno do značné míry tím, že u řady pacientů bylo třeba implantovat „na míru“ vyrobené stentgrafty. Nicméně i soubory publikované v literatuře uvádí podobnou délku intervalu mezi chirurgickou a endovaskulární částí hybridního výkonu. Například u nejrozsáhlejšího publikovaného souboru Kawaharada a spol. [121] uvádějí dobu 3 měsíce. Za významné považujeme, že v průběhu intervalu mezi chirurgickou a endovaskulární fází jsme nezaznamenali žádné úmrtí. Za zmínku rovněž stojí fakt, že u 3 nemocných jsme neindikovali implantaci stentgraftu do descendentní aorty vzhledem ke stabilnímu nálezu v oblasti sestupné hrudní aorty. Tito pacienti byli pečlivě sledováni metodou “watchful waiting”, a byla u nich pravidelně prováděna CT vyšetření. Žádný z nich nemusel podstoupit implantaci stentgraftu nebo chirurgický výkon na hrudní aortě v průběhu celé doby sledování, rovněž jsme u nich nezaznamenali periferní embolizaci.

Pokud se týká časných výsledků, jsou literární údaje poměrně rozporuplné především pokud se týká neurologických komplikací. Z rozsáhlejších studií Kawaharada a kol. [121] publikoval výsledky souboru 31 pacientů. Souhrnná mortalita obou kroků činila 6,4 %, CMP prodělalo 3,2 % pacientů a paraparézu 6,5 %. Zhao a kol. [256] ve svém souboru 24 pacientů reportuje nemocniční mortalitu 4,1 % a CMP 0 %. Podobné výsledky uvádí ve své práci Greenberg et al. [90], který u souboru 22 pacientů uvádí 30-denní mortalitu 4,5 %. Rovněž v tomto souboru se nevyskytla žádná CMP či paraplegie. Hofferberth a kol. [101] u svého souboru 19 pacientů uvádí letalitu 5,0 %, avšak výskyt CMP u 11 % pacientů. Při posuzování výsledků je však třeba vzít v úvahu rovněž indikace, pro které byli pacienti jednotlivých souborů operováni. Zastoupení pacientů s aneuryzmaty, chronickými či akutními disekcemi se mezi jednotlivými soubory výrazně liší, což pochopitelně výrazně ovlivňuje výsledky ve smyslu letality, neurologických komplikací i dlouhodobého přežití. Zásadním problémem při posuzování časných výsledků většiny publikovaných souborů je však skutečnost, že letalita i morbidita je sice většinou prezentována jako souhrnná, avšak v některých souborech byli do studie zařazeni zjevně pouze pacienti, u kterých bylo přistoupeno k endovaskulární části výkonu. Nabízí se tedy pochopitelně úvaha, jestli ze

studie nebyli vyjmuti pacienti, kteří byli indikováni k provedení hybridního výkonu, ale v průběhu chirurgické části zemřeli a hybridní výkon tedy u nich nebyl dokončen. Vzhledem k tomu jsme do našeho souboru zařadili všechny nemocné, u kterých jsme hybridní výkon plánovali provést (princip „*intention to treat*“) a výsledky jsme rozdělili na výsledky chirurgické části a části endovaskulární. Časné výsledky, které prezentujeme, tedy mortalita chirurgické části 10,5 % a endovaskulární části 5,9 %, trvalý neurologický deficit v průběhu chirurgické části u 5,3 % pacientů a 0 % v průběhu endovaskulární části a přechodný neurologický deficit v průběhu chirurgické části v 10,5 % a 0 % v průběhu endovaskulární části považujeme za srovnatelný s literárními údaji a především za validní.

Jednou z nejvýznamnějších nevýhod endovaskulární léčby je riziko vzniku endoleaku [105, 113, 142, 173, 234], proto je jejich výskyt u hybridních výkonů na hrudní aortě ve většině publikovaných prací sledován. Greenberg a spol. [90] ve svém souboru 22 pacientů uvádí 5 endoleaků typu II, jeden endoleak typu I a jeden endoleak typu III. Kawaharada a spol. [121] uvádí ve svém souboru 31 pacientů dva případy endoleaku typu II. V našem souboru jsme se setkali s 2 endoleaky typu Ib a v obou případech byla nutná následná endovaskulární reintervence ve smyslu distální extenze. Obecně však lze konstatovat, že výskyt endoleaku ve všech publikovaných souborech je poměrně nízký. Výhodou metody „*stented elephant trunk*“ je skutečnost, že volná část protézy ponechaná v descendentní aortě vytváří ideální krček pro následné zakotvení stentgraftu, přičemž tento krček lze považovat za velmi stabilní bez rizika další dilatace, je přesně známa jeho šíře a v celé délce je šíře krčku stejná. Tuto výhodu také potvrzují naše výsledky, protože jsme se v našem souboru nesetkali s endoleakem v místě proximálního zakotvení stentgraftu a to ani v průběhu poměrně dlouhého pooperačního sledování.

Zatím nedostatečně zodpovězená je otázka dlouhodobých výsledků hybridních výkonů na hrudní aortě. Zatímco dlouhodobé výsledky chirurgické části jsou poměrně dobře predikovatelné a v literatuře popsány, dlouhodobé výsledky endovaskulární části jsou neznámé. Lze předpokládat, že se zde můžeme setkávat s podobnými problémy, jako při izolované implantaci stentgraftů do descendentní aorty. Je to tedy především riziko další expanze aneuryzmatu, vznik endoleaku [184, 194] a rekanalizace původně trombozovaného vaku s možností migrace stentgraftu [147] nebo jeho útlaku či fraktury. Vzhledem k tomu, že většina těchto komplikací vzniká dilatací oblasti krčku, kde je stentgraft zakotven, mohly by být dlouhodobé výsledky kombinovaných

chirurgicko-endovaskulárních výkonů poněkud lepší. Teoretickým předpokladem pro toto tvrzení je fakt, že volný konec protézy, kam je zakotvena proximální část stentgraftu vytváří ideální krček, který je dostatečně dlouhý, má v celé délce stejný průměr a prakticky zde nehrozí riziko dilatace. Pokud je tedy stentgraft správně zakotven s dostatečným překryvem a bez endoleaku, lze předpokládat, že toto zakotvení bude dlouhodobě stabilní a riziko vzniku endoleaku v této oblasti je poměrně velmi malé.

Pokud se týká střednědobých a dlouhodobých výsledků, bylo doposud v literatuře publikováno velmi málo údajů. Kawaharada a kol. [121] uvádí ve svém souboru 31 pacientů dvouleté přežití 84 % a pětileté přežití 73 %. Hofferberth a kol. [101] u svého souboru 19 pacientů uvádí padesátiměsíční přežití 87 %. V našem souboru bylo 2-leté přežití 87,5 %, 5-leté přežití 68,0 % a 10-leté přežití 56,8 %. Přesto, že především desetileté údaje jsou založeny na poměrně malém počtu nemocných, považujeme naše výsledky za velmi přínosné a v kontextu dostupných literárních údajů za ojedinělé.

## 10. Závěr

Použití kombinace chirurgických a endovaskulárních metod při léčbě rozsáhlých aneurysmat a disekcí hrudní aorty je metodou poměrně novou. Principem těchto metod je kombinovat výhody obou metod a naopak redukovat rizika s nimi spojená a vzájemnou kombinací těchto metod rozšiřovat jejich použitelnost tím, že jedna metoda odstraňuje limity pro použití metody druhé. Cílem použití těchto kombinovaných metod by mělo být snížení rizika při léčbě rozsáhlých onemocnění hrudní aorty a především umožnění léčby u těch nemocných, u kterých by při izolovaném použití kterékoliv z těchto dvou metod byl stav neřešitelný. Vzhledem k tomu, že u žádné z těchto hybridních metod léčby nejsou známé dlouhodobé výsledky na reprezentativním souboru nemocných, nelze dle našeho názoru tyto výkony zatím považovat za metodu první volby a nenahrazují tedy radikální chirurgický resekcční výkon.

Literární údaje o hybridních výkonech v oblasti hrudní aorty nejsou příliš rozsáhlé, většinou se jedná pouze o kazuistiky či velmi malé soubory. Orientaci v této problematice navíc komplikuje skutečnost, že tyto výkony představují velmi

nehomogenní skupinu s velkým množstvím nejrůznějších modifikací operačních postupů. Vzhledem k tomu, že ani v blízké budoucnosti nelze předpokládat publikaci výsledků rozsáhlejší prospektivní randomizované studie, bude hodnocení efektu hybridních výkonů na hrudní aortě patrně založeno především na výsledcích metaanalýz. Proto je přínos publikování výsledků i relativně malých souborů významný.

Na základě vlastních zkušeností jsme přesvědčeni, že základním předpokladem úspěšného provádění hybridních výkonů v oblasti hrudní aorty je a zcela určitě i zůstane velmi úzká spolupráce kardiologického týmu a týmu provádějícího endovaskulární fázi výkonu. Tato úzká spolupráce musí začínat již ve fázi diagnostiky a diskuze o nejvhodnějším způsobu léčby. Je nezbytné, aby kardiolog znal možnosti, limity a rizika endovaskulární léčby a naopak endovaskulární tým musí toto znát o chirurgických možnostech léčby. Pouze tak lze pro konkrétního nemocného zvolit optimální způsob léčby. Spolupráce chirurgického a endovaskulárního týmu je rovněž nezbytná při dlouhodobém pooperačním sledování nemocných a řešení případných komplikací. Z těchto důvodů je optimálním stavem situace, kdy kardiolog a invazivní angiolog či radiolog tvoří jeden tým, který pracuje na společném hybridním sále.

Závěrem je možno konstatovat, že hybridní výkony na hrudní aortě představují novou, perspektivní metodu, která rozšiřuje možnosti léčby onemocnění hrudní aorty u nemocných neúnosných k radikálnímu chirurgickému řešení.

## 11.Literatura

1. Aebert H, Reber D, Kobuch R, et al. Aortic arch surgery using moderate systemic hypothermia and antegrade cerebral perfusion via the right subclavian artery. Thorac Cardiovasc Surg. 2001;49(5):283-6.
2. Akgul A, Ozatik MA, Kucuker SA, et al. Repair of the aortic arch with left unilateral selective cerebral perfusion. Perfusion. 2004;19(1):77-9.



3. Akin I, Nienaber CA. Interventional treatment strategies of thoracic aortic pathologies. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2014;18(17):2562-74.
4. Albes JM, Wahlers T. Valve-sparing root reduction plasty in aortic aneurysm: the "Jena" technique. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(3):1031-3.
5. Apaydin AZ, Islamoglu F, Iyem H, et al. Experience with cerebral perfusion in total aortic arch replacement. *Med Sci Monit.* 2002;8(12):CR801-4.
6. Apaydin AZ, Posacioglu H, Yagdi T, et al. Arch-first technique used with commercial T-graft to treat subacute type-A aortic dissection in patient with Marfan syndrome. *Tex Heart Inst J.* 2002;29(1):26-9.
7. Bachet J, Guilmet D. Brain protection during surgery of the aortic arch. *J Card Surg.* 2002;17(2):115-24.
8. Baraki H, Hagl C, Khaladj N, et al. The frozen elephant trunk technique for treatment of thoracic aortic aneurysms. *Ann Thorac Surg.* 2007;83(2):819-823.
9. Bavaria JE, Brinster DR, Gorman RC, et al. Advances in the treatment of acute type A dissection: an integrated approach. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(5):S1848-52.
10. Bavaria JE, Appoo JJ, Makaroun MS, et al. Endovascular stent grafting versus open surgical repair of descending thoracic aortic aneurysms in low-risk patients: a multicenter comparative trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;133(2):369-77.
11. Bavaria J, Milewski RK, Baker J, et al. Classic hybrid evolving approach to distal arch aneurysms: toward the zone zero solution. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;140:S77-S80.
12. Beaver TM, Martin TD. Single-stage transmediastinal replacement of the ascending, arch, and descending thoracic aorta. *Ann Thorac Surg.* 2001;72(4):1232-8.

13. Bernard Y, Zimmermann H, Chocron S, et al. False lumen patency as a predictor of late outcome in aortic dissection. *Am J Cardiol.* 2001;87(12):1378-82.
14. Bethuyn N, Bove T, Van den Brande P, et al. Acute retrograde aortic dissection during endovascular repair of a thoracic aortic aneurysm. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(6):1967-9.
15. Bickerstaff LK, Pairolero PC, Hollier LH, et al. Thoracic aortic aneurysm: a population-based study. *Surgery.* 1982;92:1103-8.
16. Bieglow WG, Lindsay RC, Greenwood WF. Hypothermia: its possible role in cardiac surgery: an investigation of factors governing survival in dogs at low body temperature. *Ann Surg.* 1950;132:849-65.
17. Bingley JA, Gardner MA, Stafford EG, et al. Late complications of tissue glues in aortic surgery. *Ann Thorac Surg.* 2000;69(6):1764-8.
18. Bonavina L, Lupattelli T, Bona D, et al. Bronchoesophageal fistula after endovascular repair of ruptured aneurysm of the descending thoracic aorta. *J Vasc Surg.* 2005;41(4):712-4.
19. Borst HG, Walterbusch G, Schaps D. Extensive aortic replacement using elephant trunk prosthesis. *Thorac Cardiovasc Surg* 1983;31:37-40.
20. Bortone AS, De Cillis E, D'Agostino D, et al. Endovascular treatment of thoracic aortic disease: four years of experience. *Circulation.* 2004;110:262-7.
21. Brandt M, Hussel K, Walluscheck KP, et al. Stent-graft repair versus open surgery for the descending aorta: a case-control study. *J Endovasc Ther.* 2004;11(5):535-8.
22. Brát R, Gaj J, Daněk T. Možnosti peroperační ochrany mozku při výkonech na aortálním oblouku. *Cardiol.* 2006;15(3):140–5.

23. Brát R, Gaj J, Daněk T, et al. Naše zkušenosti s peroperační ochranou mozku při výkonech v oblasti aortálního oblouku. *Cardiol.* 2006;15(4):200–3.
24. Brat R, Dočekal B, Jursa R. Combined surgical and endovascular treatment of extensive thoracic aortic aneurysm. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2006;47(2):187–90.
25. Brat R., Tošovský J, Januska J. Myocardial function in early hours after coronary artery bypass grafting in patients with left ventricular dysfunction. Comparison of blood and crystalloid cardioplegia. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2004;45 (3): 265–9.
26. Brát R, Dočekal B, Jursa R. Možnosti použití kombinace chirurgických a endovaskulárních technik v léčbě rozsáhlých aneuryzmat a disekcí hrudní aorty. *Rozhl. Chir.* 2005;84(4):201-5.
27. Brát R, Kučera D, Procházka V, et al. Intervenční řešení aneuryzmat hrudní aorty *Cardio3*. 2002; 5:8.
28. Brat R, Kankova K, Kolek M, et al. Mid-term Results of Stented Elephant Trunk for Complex Aortic Surgery. *J Cardiothorac Surg*. 2016; v tisku.
29. Brueck M, Heidt MC, Szent-Varga M, et al. Hybrid treatment for complex aortic problems combining surgery and stenting in the integrated operating theater. *J Interv Cardiol*. 2006;19(6):539-43.
30. Brunkwall J, Gawenda M, Sudkamp M, et al. Current indication for endovascular treatment of thoracic aneurysms. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2003;44(3):465-70.

31. Bui H, Haukoos J, Donayre C, et al. Predictors of cardiac morbidity and mortality in patients undergoing endovascular repair of the thoracic aorta. *Ann Vasc Surg.* 2004;18(1):22-5.
32. Buket S, Alayunt A, Discigil B, et al. Continuous retrograde cerebral perfusion supplies substances for brain metabolism during hypothermic circulatory arrest. *Perfusion.* 1995;10:237-44.
33. Bush RL, Lin PH, Lumsden AB. Endovascular treatment of the thoracic aorta. *Vasc Endovascular Surg.* 2003;37(6):399-405.
34. Cambria RP. Surgical treatment of complicated distal aortic dissection. *Semin Vasc Surg.* 2002;15(2):97-107.
35. Carrel T, Berdat P, Kipfer B, et al. The reversed and bidirectional elephant trunk technique in the treatment of complex aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;122(3):587-91.
36. Carrel TP, Berdat P, Englberger L, et al. Aortic root replacement with a new stentless aortic valve xenograft conduit: preliminary hemodynamic and clinical results. *J Heart Valve Dis.* 2003;12(6):752-7.
37. Carroccio A, Spielvogel D, Ellozy SH, et al. Aortic arch and descending thoracic aortic aneurysms: experience with stent grafting for second-stage "elephant trunk" repair. *Vascular.* 2005;13(1):5-10.
38. Casthely PA, Bregman D. *Cardiopulmonary Bypass: Physiology, Related Complications and Pharmacology.* Mount Kisco, NY: Futura Publishing Company, Inc. 1991, Chapter 3, Physiologic Changes of Cardiopulmonary Bypass, 37–84.
39. Chavan A, Karck M, Hagl C, et al. Hybrid endograft for one-step treatment of multisegment disease of the thoracic aorta. *J Vasc Interv Radiol.* 2005;16(6):823-9.

40. Chiappini B, Schepens M, Tan E, et al. Early and late outcomes of acute type A aortic dissection: analysis of risk factors in 487 consecutive patients. *Eur Heart J.* 2005;26(2):180-6.
41. Cohen O, Odum J, De la Zerda D, et al. Long-term experience of girdling the ascending aorta with Dacron mesh as definitive treatment for aneurysmal dilation. *Ann Thorac Surg.* 2007;83:780-4.
42. Cooley DA. Aortic Aneurysm Operations: Past, Present and Future. *Ann Thorac Surg.* 1999;67:1959-62.
43. Coselli JS, LeMaire SA, Conklin LD, et al. Left heart bypass during descending thoracic aortic aneurysm repair does not reduce the incidence of paraplegia. *Ann Thorac Surg.* 2004;77(4):1298-303.
44. Coselli JS, LeMaire SA, Schmittling ZC, et al. Cerebrospinal fluid drainage in thoracoabdominal aortic surgery. *Semin Vasc Surg.* 2000;13(4):308-14.
45. Crawford ES, Coselli JS, Svensson LG, et al. Diffuse aneurysmal disease (chronic aortic dissection, Marfan, and mega aorta syndromes) and multiple aneurysm. *Ann Surg.* 1990;211:521-37.
46. Crawford ES, Svensson LG, Coselli JS, et al. Surgical treatment of aneurysm and/or dissection of the ascending aorta, transverse aortic arch, and ascending aorta and transverse aortic arch: factors influencing survival in 717 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1989;98:659-74.
47. Crawford ES, Crawford JL, Stowe CL, et al. Total aortic replacement for chronic aortic dissection occurring in patients with and without Marfan's syndrome. *Ann Surg.* 1984;199:358-62.

48. Criado FJ, Barnatan MF, Rizk Y, et al. Technical strategies to expand stent-graft applicability in the aortic arch and proximal descending thoracic aorta. *J Endovasc Ther.* 2002;9:II32-8.
49. Czerny M, Zimpfer D, Fleck T, et al. Initial results after combined repair of aortic arch aneurysms by sequential transposition of the supra-aortic branches and consecutive endovascular stent-graft placement. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(4):1256-60.
50. Czerny M, Fleck T, Zimpfer D, et al. Risk factors of mortality and permanent neurologic injury in patients undergoing ascending aortic and arch repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126(5):1296-301.
51. Czerny M, Weigang E, Sodeck G, et al. Targeting landing zone 0 by total arch rerouting and TEVAR: midterm results of a transcontinental registry. *Ann Thorac Surg.* 2012;94:84-9.
52. Dagenais F, Normand JP, Turcotte R, et al. Changing trends in management of thoracic aortic disease: where do we stand with thoracic endovascular stent grafts? *Can J Cardiol.* 2005;21(2):173-8.
53. Dake MD, Miller DC, Semba CP, et al. Transluminal placement of endovascular stent-grafts for the treatment of descending thoracic aortic aneurysms. *N Engl J Med.* 1994;331:1729-34.
54. Dake MD, Miller DC, Mitchell CP, et al. The „first generation“ of endovascular stent-grafts for patients with aneurysms of the descending thoracic aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;116:689-704.
55. Da Rocha MF, Miranda S, Adriani D, et al. Hybrid procedures for complex aortic pathology: initial experience at a single center. *Rev Esp Cardiol.* 2009;62(8):896-902.

56. David TE, Feindel CM. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992;103:617-22.
57. De Brux JL. Retrograde cerebral perfusion: anatomic study of the distribution of blood to the brain. *Ann Thorac Surg.* 1995; 60:1294-8.
58. Demers P, Miller DC. Simple modification of "T. David-V" valve-sparing aortic root replacement to create graft pseudosinuses. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(4):1479-81.
59. Di Bartolomeo R, Pantaleo A, Pellicciari G, et al. Hybrid arch repair in chronic B dissection. *Ann Cardiothorac Surg.* 2014;3(3):333-5.
60. Di Bartolomeo R, Di Eusanio M, Pacini D, et al. Antegrade selective cerebral perfusion during surgery of the thoracic aorta: risk analysis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001;19(6):765-70.
61. Di Bartolomeo R, Di Marco L, Armaro A, et al. Treatment of complex disease of the thoracic aorta: the frozen elephant trunk technique with the E-vita open prosthesis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009;35(4):671-5.
62. Di Eusanio G, Quarti A, Di Eusanio M, et al. Aortic valve-sparing surgery for aortic root aneurysm. *Ital Heart J.* 2004;5(4):265-70.
63. Di Eusanio M, Schepens M, Morshuis W, et al. Operations on the thoracic aorta and antegrade selective cerebral perfusion: our experience with 462 patients. *Ital Heart J.* 2004;5(3):217-22.
64. Di Eusanio M, Tan ME, Schepens MA, et al. Surgery for acute type A dissection using antegrade selective cerebral perfusion: experience with 122 patients. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(2):514-9.

65. Di Eusanio M, Pantaleo A, Cefarelli M, et al. Frozen elephant trunk surgery in type B aortic dissection. *Ann Cardiothorac Surg.* 2014;3(4):400-2.
66. Dominik J, Žáček P. Chirurgie hrudní aorty. *KF.* 2005;3(2):26-31.
67. Dominik J. Anuloaortální ektázie. In Dominik J. *Kardiochirurgie.* Grada Publishing 1998;101-11.
68. Doss M, Wood JP, Balzer J, et al. Emergency endovascular interventions for acute thoracic aortic rupture: four-year follow-up. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;129(3):645-51.
69. Doss M, Balzer J, Martens S, et al. Surgical versus endovascular treatment of acute thoracic aortic rupture: a single-center experience. *Ann Thorac Surg.* 2003;76(5):1465-9.
70. Dossche KM, Morshuis WJ, Schepens MA, et al. Bilateral antegrade selective cerebral perfusion during surgery on the proximal thoracic aorta. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2000;17(4):462-7.
71. Downing SW, Kouchoukos NT. Ascending aortic aneurysm. In Edmunds LH. *Cardiac Surgery in the Adult.* McGraw-Hill 1997;1165-97.
72. Eagleton MJ, Greenberg RK. Hybrid procedures for the treatment of aortic arch aneurysms. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2010;51(6):807-19.
73. Ehrlich M, Grabenwoeger M, Cartes-Zumelzu F, et al. Endovascular stent graft repair for aneurysms on the descending thoracic aorta. *Ann Thorac Surg.* 1998;66:19-25.
74. Ehrlich MP, Ergin MA, McCullough JN, et al. Favorable outcome after composite valve-graft replacement in patients older than 65 years. *Ann Thorac Surg.* 2001;71(5):1454-9.



75. Erasmi AW, Stierle U, Bechtel JF, et al. Up to 7 years' experience with valve-sparing aortic root remodeling/reimplantation for acute type A dissection. *Ann Thorac Surg.* 2003;76(1):99-104.
76. Estrera AL, Miller CC 3rd, Porat EE, et al. Staged repair of extensive aortic aneurysms. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(5):S1803-5.
77. Estrera AL, Rubenstein FS, Miller CC 3rd, et al. Descending thoracic aortic aneurysm: surgical approach and treatment using the adjuncts cerebrospinal fluid drainage and distal aortic perfusion. *Ann Thorac Surg.* 2001;72(2):481-6.
78. Fann JI, Dake MD, Semba CP, et al. Endovascular stent-grafting after arch aneurysm repair using the "elephant-trunk". *Ann Thorac Surg.* 1995;60:1102-5.
79. Fattori R, Napoli G, Lovato L, et al. Descending thoracic aortic diseases: stent-graft repair. *Radiology.* 2003;229(1):176-83.
80. Fattori R, Napoli G, Favalli M, et al. Non-surgical treatment of aortic aneurysms and dissections: indications, strategies and outcome. *Radiol Med (Torino).* 2001;101 (6):488-94.
81. Ferko A, Třeška V, Krajina A, et al. Historie a perspektivy léčby arteriálních aneuryzmat. *Rozhl. Chir.* 2000;79 (2):51–7.
82. Ferrero E, Ferri M, Viazzo A, et al. Is total debranching a safe procedure for extensive aortic-arch disease? A single experience of 27 cases. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41(1):177-82.
83. Fleck TM, Czerny M, Hutschala D, et al. The incidence of transient neurologic dysfunction after ascending aortic replacement with circulatory arrest. *Ann Thorac Surg.* 2003;76(4):1198-202.

84. Gaj J, Brát R, Januška J, et al. Operační řešení chronického disekujícího aneuryzmatu ascendentní aorty a oblouku. *Prakt. Lék.* 2001, 81;7:386-8.
85. Gelsomino S, Frassani R, Morocutti G, et al. A short-term experience with the Tirone David I valve sparing operation for the treatment of aneurysms of the ascending aorta and aortic root. *Cardiovasc Surg.* 2003;11(3):189-94.
86. Girardi LN, Krieger KH, Mack CA, et al. Does cross-clamping the arch increase the risk of descending thoracic and thoracoabdominal aneurysm repair? *Ann Thorac Surg.* 2005;79(1):133-7.
87. Goldstein B, Carroccio A, Ellozy SH, et al. Combined open and endovascular repair of a syphilitic aortic aneurysm. *Vasc Surg.* 2003;38(6):1422-5.
88. Gorlitzer M, Weiss G, Thalmann M, et al. Combined surgical and endovascular repair of complex aortic pathologies with a new hybrid prosthesis. *Ann Thorac Surg.* 2007;84 (6):1971-6.
89. Gott VL, Gillinov AM, Pyeritz RE, et al. Aortic root replacement. Risk factor analysis of a seventeen-year experience with 270 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;109:536.
90. Greenberg RK, Haddad F, Svensson L, et al. Hybrid approaches to thoracic aortic aneurysms: the role of endovascular elephant trunk completion. *Circulation.* 2005;112(17):2619-26.
91. Griep RB, Ergin MA. Aneurysms of the Aortic Arch. In Edmunds LH. *Cardiac Surgery in the Adult.* McGraw-Hill 1997;1197-1227.
92. Griep RB. Cerebral protection during aortic arch surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;121(3):425-7.
93. Guan Y, Yang J, Wan C, et al. Cardiopulmonary bypass for thoracic aortic aneurysm: a report on 488 cases. *J Extra Corpor Technol.* 2004;36(1):22-7.

94. Hagl C, Galla JD, Spielvogel D, et al. Is aortic surgery using hypothermic circulatory arrest in octogenarians justifiable? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001;19(4):417-22.
95. Hagl C, Khaladj N, Karck M, et al. Hypothermic circulatory arrest during ascending and aortic arch surgery: the theoretical impact of different cerebral perfusion techniques and other method of cerebral protection. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;24:371-9.
96. Halstead JC, Baghai M, Lim E, et al. A method for descending thoracic aortic replacement retaining a posterior strip bearing intercostal vessels. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(5):1660-1.
97. Hanafusa Y, Ogino H, Sasaki H, et al. Total arch replacement with elephant trunk procedure for retrograde dissection. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(5):S1836-9.
98. Harringer W, Pethig K, Hagl C et al. Replacement of ascending aorta with aortic valve reimplantation: midterm results. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1999;15:803-8.
99. Harrington DK, Walker AS, Kaukuntla H, et al. Selective antegrade cerebral perfusion attenuates brain metabolic deficit in aortic arch surgery: a prospective randomized trial. *Circulation.* 2004;110:II231-6.
100. Herold U, Piotrowski J, Baumgart D, et al. Endoluminal stent graft repair for acute and chronic type B aortic dissection and atherosclerotic aneurysm of the thoracic aorta: an interdisciplinary task. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002;22(6):891-7.
101. Hofferberth SC, Newcomb AE, Yii MY, et al. Hybrid proximal surgery plus adjunctive retrograde endovascular repair in acute DeBakey type I dissection: superior outcomes to conventional surgical repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;145(2):349-54.

102. Hong S, Park HK, Shim WH, et al. Hybrid endovascular repair of thoracic aortic aneurysm in a patient with Behçet's disease following right to left carotid-carotid bypass grafting. *J Korean Med Sci.* 2011;26(3):444-6.
103. Ide H, Fujiki T, Sato M, et al. A modified "elephant trunk" procedure for aortic arch replacement. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;49(5):296-300.
104. Iguchi A, Saiki Y, Oda K, et al. Results of aortic surgery in patients with Marfan syndrome. *Surg Today.* 2005;35(2):106-11.
105. Iguchi A, Tsuru Y, Yokoyama H, et al. Open surgical repair for a perigraft leak after endovascular stent-graft emplacement of descending thoracic aneurysm. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;49(10):618-20.
106. Immer FF, Krahenbuhl E, Immer-Bansi AS, et al. Quality of life after interventions on the thoracic aorta with deep hypothermic circulatory arrest. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002;21(1):10-4.
107. Ingrund JC, Nasser F, Jesus-Silva SG, et al. Hybrid procedures for complex thoracic aortic diseases. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2010;25(3):303-10.
108. Ishihara H, Uchida N, Yamasaki C, et al. Extensive primary repair of the thoracic aorta in Stanford type A acute aortic dissection by means of a synthetic vascular graft with a self-expandable stent. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;123(6):1035-40.
109. Ito M, Tanaka T, Tamiya Y, et al. The elephant trunk technique for type A dissection. *J Card Surg.* 2000;15(3):163-6.
110. Ius F, Fleissner F, Pichlmaier M, et al. Total aortic arch replacement with the frozen elephant trunk technique: 10-year follow-up single-centre experience. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013;44(5):949-57.

111. Jacobs MJ, de Mol BA, Veldman DJ. Aortic arch and proximal supraaortic arterial repair under continuous antegrade cerebral perfusion and moderate hypothermia. *Cardiovasc Surg.* 2001;9(4):396-402.
112. Jacobs MJ, Meylaerts SA, de Haan P, et al. Assessment of spinal cord ischemia by means of evoked potential monitoring during thoracoabdominal aortic surgery. *Semin Vasc Surg.* 2000;13(4):299-307.
113. Joung B, Ko YG, Park SH, et al. Expanding false lumen in the abdominal aorta 5 years after endovascular repair of a type B aortic dissection: successful exclusion of 3 distal re-entry sites. *J Endovasc Ther.* 2004;11(5):577-81.
114. Kahn RA, Konstadt S. Thoracic aortic disease: endovascular stents. *Echocardiography.* 2002;19:589-97.
115. Kanagasabay RR, Matalanis G. A novel approach to reconstructing the distal aortic arch. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002;21(3):544-5.
116. Karch H, Chavan A, Hagl C, et al. The frozen elephant trunk technique: a new treatment for thoracic aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;125(6):1550-3.
117. Karck M, Chavan A, Khaladj N, et al. The frozen elephant trunk technique for the treatment of extensive thoracic aortic aneurysms: operative results and follow-up. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005;28(2):286-90.
118. Kato M, Kuratani T, Kaneko M, et al. The results of total arch graft implantation with open stent-graft placement for type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;124(3):531-40.
119. Kato N, Shimono T, Hirano T, et al. Transluminal placement of endovascular stent-grafts for the treatment of type A aortic dissection with an entry tear in the descending thoracic aorta. *J Vasc Surg.* 2001;34(6):1023-8.

120. Katz D, Payne D, Pauker S. Early surgery versus conservative management of dissecting aneurysms of the descending thoracic aorta. *Med Decis Making.* 2000;20(4):377-93.
121. Kawaharada N, Kurimoto Y, Ito T, et al. Hybrid treatment for aortic arch and proximal descending thoracic aneurysm: experience with stent grafting for second-stage elephant trunk repair. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009;36(6):956-61.
122. Kazui T, Yamashita K, Washiyama N, et al. Impact of an aggressive surgical approach on surgical outcome in type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(5):S1844-7.
123. Kazui T, Yamashita K, Washiyama N, et al. Usefulness of antegrade selective cerebral perfusion during aortic arch operations. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(5):S1806-9.
124. Kazui T, Washiyama N, Muhammad BA, et al. Total arch replacement using aortic arch branched grafts with the aid of antegrade selective cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg.* 2000;70(1):3-8.
125. Kazui T, Washiyama N, Muhammad BA, et al. Extended total arch replacement for acute type a aortic dissection: experience with seventy patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;119(3):558-65.
126. Kazui T, Kimura N, Yamada O, et al. Surgical outcome of aortic arch aneurysms using selective cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg* 1994;57:904-11.
127. Kerekeš R, Januška J, Brát R. Výsledky chirurgické léčby aneuryzmat hrudní aorty. *Cardio3*, 2002; 5.
128. Kieffer E, Fukui S, Chiras J, et al. Spinal cord arteriography: a safe adjunct before descending thoracic or thoracoabdominal aortic aneurysmectomy. *J Vasc Surg.* 2002;35(2):262-8.

129. Kieffer E, Koskas F, Godet G, et al. Treatment of aortic arch dissection using the elephant trunk technique. *Ann Vasc Surg.* 2000;14(6):612-9.
130. Kim KB, Kim WH, Choi JH, et al. Hybrid approach for the treatment of thoracic aortic arch aneurysm in a patient with chronic obstructive lung disease and retrosternal adhesion. *Korean Circ J.* 2011;41(7):413-6.
131. Kirali K, Erentug V, Rabus MB, et al. Extensive aortic surgery in Marfan syndrome: 16-year experience. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2003;11(4):337-41.
132. Kirklin JW, Barratt-Boyes BG. *Cardiac surgery.* Second edition, London, Churchill Livingstone Inc, 1993, Chapter 2, Hypothermia, circulatory arrest and cardiopulmonary bypass: 61 – 127.
133. Konstantinov BA, Belov IV, Stepanenko AB, et al. Surgical management of patients with ascending aortic aneurysms. *Angiol Sosud Khir.* 2004;10(3):81-8.
134. Kouchoukos NT, Mauney MC, Masetti P, et al. Single-stage repair of extensive thoracic aortic aneurysms: experience with the arch-first technique and bilateral anterior thoracotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;128(5):669-76.
135. Kouchoukos NT, Masetti P, Rokkas CK, et al. Single-stage reoperative repair of chronic type A aortic dissection using the arch-first technique. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(5):S1800-2.
136. Kouchoukos NT, Dougenis D. Surgery of thoracic aorta. *N Engl J Med.* 1997;336: 1876-88.
137. Krohg-Sorensen K, Hafsahl G, Fosse E, et al. Acceptable short-term results after endovascular repair of diseases of the thoracic aorta in high risk patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;24(3):379-87.

138. Kuki S, Taniguchi K, Masai T, et al. An alternative approach using long elephant trunk for extensive aortic aneurysm: elephant trunk anastomosis at the base of the innominate artery. *Circulation*. 2002;106:I253-8.
139. Kuki S, Taniguchi K, Masai T, et al. A novel modification of elephant trunk technique using a single four-branched arch graft for extensive thoracic aortic aneurysm. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2000;18(2):246-8.
140. Kuniyoshi Y, Koja K, Miyagi K, et al. Surgical treatment of aortic arch aneurysm combined with coronary artery stenosis. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;8(6):369-73.
141. Lambrechts D, Casselman F, Schroeyers P, et al. Endovascular treatment of the descending thoracic aorta. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2003;26(4):437-44.
142. Lange C, Odegard A, Lundbom J, et al. Type III endoleak from a thoracic aortic stent-graft. *J Endovasc Ther*. 2002;9(4):535-8.
143. Lepore V, Jeppsson A, Radberg G, et al. Aortic surgery in patients with marfan syndrome: long-term survival, morbidity and function. *J Heart Valve Dis*. 2001;10(1):25-30.
144. Lepore V, Lonn L, Delle M, et al. Treatment of descending thoracic aneurysms by endovascular stent grafting. *J Card Surg*. 2003;18(5):436-43.
145. Lewis CT, Cooley DA, Murphy MC, et al. Surgical repair of aortic root aneurysms in 280 patients. *Ann Thorac Surg*. 1992;53:38.
146. Leyh RG, Schmidtke C, Bartels C, et al. Valve-sparing aortic root replacement (remodeling/reimplantation) in acute type A dissection. *Ann Thorac Surg*. 2000;70(1):21-4.



147. Litwinski RA, Donayre CE, Chow SL, et al. 2006. The role of aortic neck dilation and elongation in the etiology of stent graft migration after endovascular abdominal aortic aneurysm repair with a passive fixation device. *J Vasc Surg.* 2006;44(6):1176-81.
148. Lonský V. Změny centrální a periferní teploty během hypotermického mimotělního oběhu. In Lonský V. *Mimotělní oběh v klinické praxi.* Grada Publishing 2004;84-6.
149. Makaroun MS, Dillavou ED, Kee ST, et al. Endovascular treatment of thoracic aortic aneurysms: results of the phase II multicenter trial of the GORE TAG thoracic endoprosthesis. *J Vasc Surg.* 2005;41(1):1-9.
150. Makaroun MS, Deaton DH. Is proximal aortic neck dilatation after endovascular aneurysm exclusion a cause for concern? *J Vasc Surg.* 2001;33:S39-45.
151. Maas C, Kok R, Segers P, et al. Intermittent antegrade/selective cerebral perfusion during circulatory arrest for repair of the aortic arch. *Perfusion.* 1997;12:127-32.
152. Matalanis G, Hata M, Buxton BF. A retrospective comparative study of deep hypothermic circulatory arrest, retrograde, and antegrade cerebral perfusion in aortic arch surgery. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;9(3):174-9.
153. Matravers P, Morgan R, Belli A. The use of stent grafts for the treatment of aneurysms and dissections of the thoracic aorta: a single centre experience. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2003;26(6):587-95.
154. Ma X, Guo W, Liu X, et al. Hybrid endovascular repair in aortic arch pathologies: a retrospective study. *Int J Mol Sci.* 2010;11(11):4687-96.
155. Mazzola A, Gregorini R, Villani C, et al. Antegrade cerebral perfusion by axillary artery and left carotid artery inflow at moderate hypothermia. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002;21:930-1.

156. McNamara JJ, Pressler VM. Natural history of arteriosclerotic thoracic aortic aneurysms. *Ann Thorac Surg.* 1978;26:468-73.
157. Melissano G, Civilini E, Bertoglio L, et al. Endovascular treatment of aortic arch aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2005;29(2):131-8.
158. Melissano G, Civilini E, Bertoglio L, et al. Results of endografting of the aortic arch in different landing zones. *Eur J Endovasc Surg.* 2007;33(5):561-6.
159. Metzger PB, Rossi FH, Moreira SM, et al. Hybrid treatment of aortic arch disease. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2014;29(4):527-36.
160. Minatoya K, Karck M, Hagl C, et al. The impact of spinal angiography on the neurological outcome after surgery on the descending thoracic and thoracoabdominal aorta. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(5):S1870-2.
161. Miyahara K, Maeda M, Sakurai H, et al. Total aortic arch graft replacement for recurrent aortic aneurysm. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2002;43(5):651-4.
162. Miyamoro S, Hadama T, Anai H, et al. Successful open stent grafting of a right aortic arch and a descending aortic aneurysm originating from a Kommerell's diverticulum: report of a case. *Surg Today.* 2002;32(4):359-61.
163. Miyamoto S, Hadama T, Anai H, et al. Simplified elephant trunk graft technique for aortic arch replacement. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2002;10(4):374-5.
164. Miyamoto S, Hadama T, Anai H, et al. Stented elephant trunk method for multiple thoracic aneurysms. *Ann Thorac Surg.* 2001;71(2):705-7.
165. Miyamoto Y, Onishi K, Mitsuno M, et al. Aortic arch replacement with proximal first technique. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;9(6):389-93.

166. Mizuno T, Toyama M, Tabuchi N, et al. Transaortic stented graft implantation for aortic arch aneurysm. Its benefits and risk. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;51(2):53-8.
167. Mohammadi S, Bonnet N, Leprince P, et al. Reoperation for false aneurysm of the ascending aorta after its prosthetic replacement: surgical strategy. *Ann Thorac Surg.* 2005;79(1):147-52.
168. Mokráček A., Pavel P, Šetina M, et al. Onemocnění vzestupné hrudní aorty a aortálního oblouku: naše indikace a výsledky operační léčby. *Cor Vasa.* 2000;42(9):444-8.
169. Mokráček A., Šetina M, Čocek D, et al. "S" plastika dilatované vzestupné aorty jako kombinovaný výkon s náhradou aortální chlopně. *Cor Vasa.* 2001;43(2):95-7.
170. Mori Y, Hirose H, Takagi H, et al. Aortic arch repair for Stanford type A aortic dissection with distal anastomosis to the proximal level of the distal aortic arch. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126(2):415-9.
171. Morishita K, Kurimoto Y, Kawaharada N, et al. Descending thoracic aortic rupture: role of endovascular stent-grafting. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(5):1630-4.
172. Moriyama Y, Iguro Y, Hisatomi K, et al. Thoracic and Thoracoabdominal Aneurysm Repair Under Deep Hypothermia Using Subclavian Arterial Perfusion. *Ann Thorac Surg.* 2001;71:29-32.
173. Moulakakis KG, Mylonas SN, Markatis F, et al. A systematic review and meta-analysis of hybrid aortic arch replacement. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(3):247-60.
174. Murzi M, Gasbarri T, Glauber M. One-stage hybrid approach for type A acute aortic dissection repair: just because we can, should we do it? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2010;11(5):598.

175. Nakajima M, Tsuchiya K, Inoue H, et al. Modified elephant trunk technique for distal reconstruction of ragged descending thoracic aorta. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2004;12(2):168-70.
176. Nakamura Y, Kawachi K, Imagawa H, et al. Mycotic aneurysm of the aortic arch due to Salmonella. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;51(6):253-5.
177. Narayan P, Caputo M, Rogers CA, et al. Early and mid-term outcomes of surgery of the ascending aorta/arch: is there a relationship with caseload? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;25(5):676-82.
178. Němec P, Černý J, Wagner R, et al. Náhrada ascendentní aorty konduitem s chlopní a reimplantací koronárních tepen. *Cor Vasa.* 1998;40(7):326-8.
179. Neri E, Massetti M, Sani G. The "elephant trunk" technique made easier. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(1):17-8.
180. Neuhauser B, Czermak BV, Fish J, et al. Type A dissection following endovascular thoracic aortic stent-graft repair. *J Endovasc Ther.* 2005;12(1):74-81.
181. Niinami H, Aomi S, Chikazawa G, et al. Progress in the treatment of aneurysms of the distal aortic arch: approach through median sternotomy. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2003;44(2):243-8.
182. Nishimura M, Ohtake S, Sawa Y, et al. Arch-first technique for aortic arch aneurysm repair through median sternotomy. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(4):1264-6.
183. Numata S, Ogino H, Sasaki H, et al. Total arch replacement using antegrade selective cerebral perfusion with right axillary artery perfusion. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;23(5):771-5.

184. Obitsu Y, Koizumi N, Saiki N, et al. Long-term result of hybrid procedure for an extensive thoracic aortic aneurysm in Takayasu arteritis: a case report. *J Cardiothorac Surg.* 2010;5:28.
185. Oda K, Akimoto H, Hata M, et al. Use of cuffed anastomosis in total aortic arch replacement. *Ann Thorac Surg.* 2003;76(3):952-3.
186. Ogino H, Ueda Y, Sugita T, et al. Surgery for acute type A aortic dissection using retrograde cerebral perfusion. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;49(6):337-42.
187. Ohata T, Sakakibara T, Takano H, et al. Total arch replacement for thoracic aortic aneurysm via median sternotomy with or without left anterolateral thoracotomy. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(6):1792-6.
188. Ohata T, Sakakibara T, Takano H, et al. Optimal arterial cannulation technique for selective cerebral perfusion in thoracic aortic surgery. *Artif Organs.* 2002;26(12):1040-3.
189. Ohtsubo S, Itoh T, Takarabe K, et al. Surgical results of hemiarch replacement for acute type A dissection. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(5):S1853-6.
190. Ono M, Takamoto S, Miyairi T, et al. Extended repair of thoracic aorta through left thoracotomy after aortic root replacement. *Ann Vasc Surg.* 2001;15(4):488-90.
191. Orihashi K, Sueda T, Watari M, et al. Endovascular stent-grafting via the aortic arch for distal aortic arch aneurysm: an alternative to endovascular stent-grafting. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001;20(5):973-8.
192. Orr N, Minion D, Bobadilla JL. Thoracoabdominal aortic aneurysm repair: current endovascular perspectives. *Vasc Health Risk Manag.* 2014;19(10):493-505.

193. Ouriel K, Greenberg RK. Endovascular treatment of thoracic aortic aneurysms. *J Card Surg.* 2003;18(5):455-63.
194. Parmer SS, Carpenter JP, Stavropoulos SW, et al. Endoleaks after endovascular repair of thoracic aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* 2006;44(3):447-52.
195. Pasic M, Bergs P, Knollmann F, et al. Delayed retrograde aortic dissection after endovascular stenting of the descending thoracic aorta. *J Vasc Surg.* 2002;36(1):184-6.
196. Plestis KA, Nair DG, Russo M, et al. Left atrial femoral bypass and cerebrospinal fluid drainage decreases neurologic complications in repair of descending and thoracoabdominal aortic aneurysms. *Ann Vasc Surg.* 2001;15(1):49-52.
197. Pocar M, Fundaro P, Donatelli F. Simplified thoracic aortic aneurysm repair. *Ann Thorac Surg.* 2004;77(6):2199-200.
198. Porcu P, Chavanon O, Sessa C, et al. Esophageal fistula after endovascular treatment in a type B aortic dissection of the descending thoracic aorta. *J Vasc Surg.* 2005;41(4):708-11.
199. Pressler V, McNamara JJ. Thoracic aortic aneurysm:natural history and treatment. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1980;79:489-98.
200. Preventza O, Bakaeen FG, Cervera RD, et al. Deployment of proximal thoracic endograft in zone 0 of the ascending aorta: treatment options and early outcomes for aortic arch aneurysms in a high-risk population. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013;44:446-53.
201. Ramaiah V, Rodriguez-Lopez J, Diethrich EB. Endografting of the thoracic aorta. *J Card Surg.* 2003;18(5):444-54.
202. Raskin SA, Coselli JS. Retrograde cerebral perfusion: overview, techniques and results. *Perfusion* 1995;10:51-7.

203. Reece TB, Kern JA, Tribble CG, et al. The role of pharmacology in spinal cord protection during thoracic aortic reconstruction. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;15(4):365-77.
204. Reuthebuch O, Schurr U, Hellermann J, et al. Advantages of subclavian artery perfusion for repair of acute type A dissection. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;26:592-8.
205. Ryu YG, Choo SJ, Lim JY, et al. Hybrid procedure for a traumatic aortic rupture consisting of endovascular repair and minimally invasive arch vessel transposition without sternotomy. *J Korean Med Sci.* 2010;25(1):142-4.
206. Safi HJ, Miller CC 3rd, Huynh TT, et al. Distal aortic perfusion and cerebrospinal fluid drainage for thoracoabdominal and descending thoracic aortic repair: ten years of organ protection. *Ann Surg.* 2003;238(3):372-80.
207. Safi HJ, Miller CC 3rd, Estrera AL, et al. Staged repair of extensive aortic aneurysms: morbidity and mortality in the elephant trunk technique. *Circulation.* 2001; 104(24):2938-42.
208. Sakamoto S, Matsubara J, Nagayoshi Y, et al. Clinical results of aortic arch replacement using a four branched prosthetic graft. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2003;44(6):751-5.
209. Saleh HM, Inglese L. Combined surgical and endovascular treatment of aortic arch aneurysms. *J Vasc Surg.* 2006;44(3):460-6.
210. Schafers HJ. Valve-preserving surgery of the proximal aorta. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2001;42(4):509-16.
211. Schachner T, Vertacnik K, Laufer G, et al. Axillary artery cannulation in surgery of the ascending aorta and the aortic arch. *Eur J Cardio-Thorac Surg.* 2002;22:445-7.

212. Schoder M, Cartes-Zumelzu F, Grabenwoger M, et al. Elective endovascular stent-graft repair of atherosclerotic thoracic aortic aneurysms: clinical results and midterm follow-up. *Am J Roentgenol.* 2003;180(3):709-15.
213. Shah A, Coulon P, de Chaumaray T, et al. Novel technique: staged hybrid surgical and endovascular treatment of acute Type A aortic dissections with aortic arch involvement. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2006;47(5):497-502.
214. Shiiya N, Kuniyama T, Imamura M, et al. Surgical management of atherosclerotic aortic arch aneurysms using selective cerebral perfusion: 7-year experience in 52 patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2000;17(3):266-71.
215. Shimazaki Y, Watanabe T, Takahashi T, et al. Minimized mortality and neurological complications in surgery for chronic arch aneurysm: axillary artery cannulation, selective cerebral perfusion, and replacement of the ascending and total arch aorta. *J Card Surg.* 2004;19(4):338-42.
216. Shimizu H, Ueda T, Kashima I, et al. Surgical treatment for a ruptured thoracic aortic aneurysm. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;49(1):62-6.
217. Shimizu H, Ueda T, Enoki C, et al. Surgical treatment of a distal arch pseudoaneurysm and migrated stent-graft after interrupted aortic arch repair. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;6(5):339-41.
218. Shrestha M, Bachet J, Bavaria J, et al. Current status and recommendations for use of the frozen elephant trunk technique: a position paper by the Vascular Domain of EACTS. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2015;47(5):759-69.
219. Schoenhoff FS, Schmidli J, Eckstein FS, et al. The frozen elephant trunk: an interesting hybrid endovascular-surgical technique to treat complex pathologies of the thoracic aorta. *J Vasc Surg.* 2007;45(3):597-9.



220. Soukiasian HJ, Raissi SS, Kleisli T, et al. Total circulatory arrest for the replacement of the descending and thoracoabdominal aorta. *Arch Surg.* 2005;140(4):394-8.
221. Spielvogel D, Mathur MN, Lansman SL, et al. Aortic arch reconstruction using a trifurcated graft. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(3):1034-6.
222. Stanley BM, Semmens JB, Lawrence-Brown MM, et al. Endoluminal repair of mycotic thoracic aneurysms. *J Endovasc Ther.* 2003;10(3):511-5.
223. Stone DH, Brewster DC, Kwolek CJ, et al. Stent-graft versus open-surgical repair of the thoracic aorta: mid-term results. *J Vasc Surg.* 2006;44(6):1188-97.
224. Strauch JT, Spielvogel D, Lauten A, et al. Axillary artery cannulation: routine use in ascending aorta and aortic arch replacement. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(1):103-8.
225. Sun L, Qi R, Zhu J, et al. Total arch replacement combined with stented elephant trunk implantation: a new "standard" therapy for type a dissection involving repair of the aortic arch? *Circulation.* 2011;123(9):971-8.
226. Sundt TM, Moon MR, DeOliviera N, et al. Contemporary results of total aortic arch replacement. *J Card Surg.* 2004;19(3):235-9.
227. Svensson LG, Kim KH, Blackstone EH, et al. Elephant trunk procedure: newer indications and uses. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(1):109-16.
228. Szeto WY, Bavaria JE, Bowen FW, et al. The hybrid total arch repair: brachiocephalic bypass and concomitant endovascular aortic arch stent graft placement. *J Card Surg.* 2007;22(2):97-102.
229. Takahashi T, Shimazaki Y, Watanabe T, et al. Concomitant aortic arch and root replacement using a stentless xenograft for acute type A dissection. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;49(6):365-7.

230. Tanabe T, Kubo Y, Hashimoto M, et al. Wall reinforcement with highly porous Dacron mesh in aortic surgery. *Ann Surg.* 1980;191:452–5.
231. Tanaka H, Narisawa T, Mori T, et al. A pseudoaneurysm after repair of thoraco-abdominal aortic aneurysm. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;51(9):445-7.
232. Tasdemir O, Saritas A, Kucuker S, et al. Aortic Arch Repair With Right Brachial Artery Perfusion. *Ann Thorac Surg,* 2002;73:1837-42.
233. Tefera G, Acher CW, Wynn MM. Clamp and sew techniques in thoracoabdominal aortic surgery using naloxone and CSF drainage. *Semin Vasc Surg.* 2000;13(4):325-30.
234. Thompson CS, Rodriguez JA, Ramaiah VG, et al. Pseudoaneurysm of the aortic arch after aortosubclavian bypass treated with endoluminal stent grafting--a case report. *Vasc Endovascular Surg.* 2003;37(5):375-9.
235. Tian DH, Wan B, Di Eusanio M, et al. A systematic review and meta-analysis on the safety and efficacy of the frozen elephant trunk technique in aortic arch surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(5):581-91.
236. Totaro M, Mazzei G, Marullo AG, et al. Endoluminal stent grafting of the descending thoracic aorta. *Ital Heart J.* 2002;3(6):366-9.
237. Treasure T, Pepper J. Personalised External Aortic Root Support (PEARS) compared with alternatives for people with life-threatening genetically determined aneurysms of the aortic root. *Diseases.* 2015;3:2–14.
238. Treasure T, Petrou M, Rosendahl U, et al. Personalized external aortic root support: a review of the current status. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016; doi:10.1093/ejcts/ezw078.

239. Treasure T, Takkenberg JJ, Golesworthy T, et al. Personalised external aortic root support (PEARS) in Marfan syndrome: analysis of 1–9 year outcomes by intention-to-treat in a cohort of the first 30 consecutive patients to receive a novel tissue and valveconserving procedure, compared with the published results of aortic root replacement. *Heart*. 2014;100:969–75.
240. Uchida N, Ishihara H, Sakashita M, et al. Repair of the thoracic aorta by transaortic stent grafting (open stenting). *Ann Thorac Surg*. 2002;73(2):444-8.
241. Uchida N, Ishihara H, Shibamura H, et al. Midterm results of extensive primary repair of the thoracic aorta by means of total arch replacement with open stent graft placement for an acute type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2006;131(4):862-7.
242. Ueda T, Shimizu H, Hashizume K, et al. Mortality and morbidity after total arch replacement using a branched arch graft with selective antegrade cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg*. 2003;76(6):1951-6.
243. Ueno T, Itoh T, Rikitake K, et al. Correlation between age and vital organ function following deep hypothermic circulatory arrest. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2002;43(2):167-73.
244. Urbanski PP, Wagner M, Zacher M, et al. Aortic root replacement versus aortic valve replacement: a case-match study. *Ann Thorac Surg*. 2001;72(1):28-32.
245. Usui A, Fujimoto K, Ishiguchi T, et al. Cerebrospinal dysfunction after endovascular stent-grafting via a median sternotomy: the frozen elephant trunk procedure. *Ann Thorac Surg*. 2002;74(5):S1821-4.
246. Vallejo N, Rodriguez-Lopez JA, Heidari P, et al. Hybrid repair of thoracic aortic lesions for zone 0 and 1 in high-risk patients. *J Vasc Surg*. 2012;55:318-25.

247. van Dongen EP, Schepens MA, Morshuis WJ, et al. Thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm repair: use of evoked potential monitoring in 118 patients. *J Vasc Surg.* 2001;34(6):1035-40.
248. Vaněk I. Onemocnění hrudní aorty. In Vaněk I. *Kardiovaskulární chirurgie.* Karolinum 2002;86-104.
249. Washiyama N, Kazui T, Yamashita K, et al. New cerebral monitoring using optical topography during total arch replacement. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;49(8):513-5.
250. Wolthuis AM, Houthoofd S, Deferm H, et al. Complex thoracic aortic aneurysm: a combined open and endovascular approach. *Acta Chir Belg.* 2005;105(4):400-2.
251. Yavuz S, Goncu MT, Turk T. Axillary artery cannulation for arterial inflow in patients with acute dissection of the ascending aorta. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002;22:313-5.
252. Yokoyama H. Aortic arch aneurysm complicated with coronary artery disease: still a surgical challenge? *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;8(2):62-8.
253. Yun KL, Miller DC. Ascending aortic aneurysm and aortic valve disease: what is the most optimal surgical technique? *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;9(3):233-45.
254. Zanetti PP, Loddo P, Ciuffo G, et al. Exposure of the proximal descending thoracic aorta in the first stage of the elephant trunk procedure. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(2):725-6.
255. Zanetti PP. Replacement of the entire thoracic aorta according to the reversed Elephant Trunk technique. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2001;42(3):397-402.

256. Zhao HP, Zhu JM, Ma WG, et al. Total arch replacement with stented elephant trunk technique for acute type B aortic dissection involving the aortic arch. *Ann Thorac Surg.* 2012;93(5):1517-22.

## 12. Souhrny a klíčová slova

### 12.1. Souhrn český

#### Úvod

Chirurgická léčba onemocnění hrudní aorty patří k nejnáročnějším částem kardiochirurgie. Přes významný pokrok, kterého kardiochirurgie a medicína obecně v posledních letech dosáhla, jsou tyto výkony stále spojeny s velmi vysokou mortalitou i morbiditou. Kombinovaná chirurgicko-endovaskulární léčba onemocnění hrudní aorty je způsobem léčby, který zatím není příliš častý a provádí ho pouze omezený počet pracovišť. V předkládané práci jsou prezentované naše zkušenosti s tímto způsobem léčby.

#### Cíl

Cílem práce bylo provést retrospektivní analýzu a shrnout naše zkušenosti s možnostmi použití kombinace chirurgických a endovaskulárních technik v léčbě rozsáhlých onemocnění hrudní aorty za použití metody „*stented elephant trunk*“ a analyzovat časné, střednědobé a první dlouhodobé výsledky této léčby.

#### Metodika

V letech 2001 – 2015 jsme na našem pracovišti provedli celkem 465 operačních výkonů na hrudní aortě. Naprostá většina pacientů (95,9 %) byla operována standardní chirurgickou technikou. Pouze u 19 pacientů (4,1 %) jsme použili metodu „*stented elephant trunk*“. Tato vysoce selektovaná skupina nemocných byla zahrnuta do retrospektivní analýzy, ve které jsme hodnotili výsledky chirurgické části hybridního výkonu, výsledky endovaskulární části hybridního výkonu a analyzovali střednědobé a dlouhodobé výsledky. Na základě získaných výsledků jsme v diskuzi zhodnotili přínos použití kombinace chirurgických a endovaskulárních technik v léčbě rozsáhlých onemocnění hrudní aorty pro klinickou praxi a shrnuli jsme její výhody a nevýhody v porovnání s konvenčním způsobem léčby.

## Výsledky

Dva nemocní (10,5 %) zemřeli v průběhu chirurgické fáze. Tři nemocní (15,8 %) byli revidováni pro krvácení, dočasný neurologický deficit měli 2 nemocní (10,5 %), trvalý neurologický deficit jeden nemocný (5,3 %). Průměrná doba hospitalizace po operaci činila 17,4 dne, interval mezi chirurgickou a endovaskulární fází byl v průměru 78 dní a během tohoto intervalu žádný nemocný nezemřel. Implantace stentgraftu byla u všech nemocných technicky úspěšná. Dva nemocní (11,8 %) měli endoleak typu Ib, žádný nemocný v průběhu endovaskulární fáze neutrpěl přechodný ani trvalý neurologický deficit. Jeden pacient v průběhu implantace stentgraftu zemřel. Střední doba sledování byla 7,1 let. Během této doby bylo nutno u 2 nemocných (12,8 %) provést endovaskulární reintervenci, chirurgickou reoperaci bylo nutno provést u jednoho nemocného pro endokarditidu bez vztahu k původnímu hybridnímu výkonu. 2-leté, 5-leté a 10-leté přežití bylo 87,8 %, 68,0 % a 56,8 %.

## Závěr:

Využití hybridních technik v léčbě komplexních onemocnění hrudní aorty je založeno na kombinování chirurgických technik, jejichž výhodou jsou ověřené dobré dlouhodobé výsledky, a endovaskulárních technik, které pacientovi přinášejí snížení operačního rizika. Jednou z těchto hybridních metod je metoda „*stented elephant trunk*“. Vzhledem k tomu, že u těchto výkonů zatím nebyly publikovány dlouhodobé výsledky na reprezentativním souboru nemocných, nelze je zatím považovat za metodu první volby a nenahrazují radikální chirurgický resekcí výkon. Nicméně naše výsledky prokazují, že se jedná o metodu efektivní s dobrými krátkodobými a slibnými střednědobými a dlouhodobými výsledky.

## Klíčová slova

aneuryzma oblouku aorty - aneurizma hrudní aorty - endovaskulární léčba – stentgraft - hybridní léčba

## 12.2. Souhrn anglický (Summary)

### Introduction

Surgical treatment of the thoracic aortic aneurysm is one of the most challenging parts of the cardiac surgery. Despite the progress in this field, these procedures are still associated with significant mortality and morbidity. The combined surgical and endovascular treatment of extensive thoracic aortic aneurysm is not a very frequent way of treatment and it is performed by a limited number of institutions. We present our experience with these unusual methods that are used as an alternative way of treatment in patients not acceptable for classical surgical treatment.

### Aim

The aim of the study was to conduct a review on our experience on the management of complex aortic diseases using method of stented elephant trunk and to perform an early, mid-term and long term result analysis.

### Methods

From January 2001 to December 2015 total of 465 surgeries on thoracic aorta were performed in our institution. The vast majority of them (95.9 %) were operated using standard open surgical method. In only 19 patients (4.1 %) the method of stented elephant trunk was used. This highly selected group of patients was included in our retrospective analysis in which we analyzed early, mid-term as well as long-term results. Based on the results we discussed the potential benefit of these hybrid procedures in the treatment of complex aortic diseases.

### Results

Two hospital deaths (10.5 %) occurred during the surgical stage. Three patients (15.8 %) were reoperated because of bleeding, postoperative incidence of temporary and permanent neurological deficit was in 2 (10.5 %) and 1 (5.3 %) patients, respectively. The mean postoperative hospital stay was 17.4 days (range 2 – 31 days). Mean interval between the 1<sup>st</sup> and the 2<sup>nd</sup> stage was 78 days (range 0 – 464 days) and we didn't experience any death during this interval. Stent graft implantation was technically successful in all patients. Two patients (11.8 %) had type Ib endoleak, none



of the patients suffered from temporary or permanent neurological deficit. One patient (5.9 %) died during the implantation. The mean follow-up time was 7.1 years. In two patients (12.5 %) we had to perform endovascular reintervention. The 2-year, 5-year and 10-year survival was 87.5 %, 68.0 % and 56.8 %, respectively.

### Conclusions

The use of hybrid techniques in the treatment of complex aortic diseases is based upon a combination of surgical techniques, the advantage of which are predictable good long-term results, and endovascular techniques, which are associated with a lower risk of the procedure. One of these hybrid techniques is stented elephant trunk. Due to the fact, that long-term results are not known for this method on a representative patient file, this procedure cannot be presently considered as a method of first choice, and it does not substitute a surgical resection procedure. But our results demonstrate the safety and effectiveness of this hybrid approach as well as promising long-term results.

### Keywords

Aortic arch aneurysm - thoracic aortic aneurysm - endovascular treatment - stent grafting - hybrid procedures