

Mini-invazivní a robotické výkony na mitrální chlopni

Štěpán Černý

Kardiochirurgické oddělení, Nemocnice Na Homolce, Praha

Chirurgická léčba mitrální regurgitace prošla za poslední čtyři desetiletí bouřlivým vývojem. Dnes je při chirurgické léčbě jednoznačnou prioritou ponechat pacientovu vlastní chlopeň a obnovit její správnou funkci záchovnou operací. Tento postup se nejčastěji označuje jako plastika mitrální chlopně.

V současné době jsou stále častěji uplatňovány méně invazivní chirurgické přístupy k mitrální chlopni, které nabízejí nemocným, kromě menší invazivity, zároveň i stabilitu a predikabilitu klasické chirurgické plastiky založené na principech moderní chirurgie mitrální chlopně. Nejčastěji používané přístupy jsou videoasistovaný přístup cestou pravostranné limitované torakotomie, případně robotický přístup. Tyto přístupy ve velkých souborech pacientů dosahují stejných chirurgických výsledků, co se týká reparability chlopně, a ukazují nižší výskyt raných komplikací, nižší výskyt pooperační fibrilace síní, menší spotřebu krevních derivátů, kratší dobu umělé plicní ventilace, kratší pobyt na jednotce intenzivní péče a kratší dobu celkové hospitalizace. Je posléze umožněn i rychlý návrat k běžným aktivitám. Toto je pro mladé nemocné atraktivní především ve světle nových doporučení odborných společností, kdy se indikace pro záchovný výkon posouvají do skupin asymptomatických pacientů a výkony mají preventivní charakter.

Do budoucna lze předpokládat, že se tyto přístupy stanou standardem péče o tyto nemocné a ještě více zvýrazní potřebu vytvářet specializovaná „center of excellence“ pro chirurgickou léčbu mitrální chlopně.

Klíčová slova: plastika mitrální chlopně, minimálně invazivní přístup, robotická chirurgie.

Minimally invasive and robotic mitral valve surgery

Surgical treatment for mitral regurgitation has undergone dramatic development in the last four decades. To preserve the patient's native valve and restore its proper function with conserving surgery is currently a clear priority in the surgical setting. This procedure is typically referred to as mitral valve repair.

Currently, less invasive surgical approaches to the mitral valve are increasingly used that offer patients, in addition to being less invasive, stability and predictability of classic surgical repair based on the principles of modern mitral valve surgery. Video-assisted right-sided mini-thoracotomy or robotic surgery are the most commonly used approaches. In large patient cohorts, these approaches had similar surgical outcomes in terms of valve reparability and displayed lower rates of early complications, lower rates of postoperative atrial fibrillation, lower blood product utilization, shorter duration of mechanical ventilation, shorter intensive care unit stay, and shorter overall duration of hospital stay. Subsequently, a rapid return to normal activities is possible. This is attractive for young patients, particularly in the light of the new guidelines of professional societies wherein the indications for conserving surgery shift to groups of asymptomatic patients and the procedures are preventive in nature.

In future, these approaches can be expected to become the standard of care for these patients, further highlighting the need to create specialized centres of excellence for surgical treatment of the mitral valve.

Key words: mitral valve repair, minimally invasive approach, robotic surgery.

Úvod

Primární (degenerativní) mitrální insuficience je v současné době nejčastěji operovanou mitrální vadou. Chirurgická léčba mitrální regurgitace prošla za poslední čtyři desetiletí bouřlivým vývojem. Dnes je při chirurgické léčbě jednoznačnou prioritou ponechat pacientovu vlastní chlopeň a obnovit její správnou funkci záchovnou operací. Tento postup se nejčastěji označuje jako **plastika mitrální chlopně (mitral valve repair)**. Základy moderní léčby mitrální regurgitace položil v 70. a 80. letech minulého století francouzský chirurg Alain Carpentier, který ve své zásadní práci z roku 1983 popsal základní principy záchovných operací mitrální chlopně (1). Profesor Carpentier významně přispěl k pochopení principů záchovných operací mitrální chlopně a k jejich rozšíření mezi chirurgy po celém světě. Řada jeho postulatů platí dodnes (2).

Pro korekci mitrální regurgitace se používá celá řada chirurgických technik, které vycházejí právě z jeho postulatů a jejichž princip byl položen již téměř před 40 lety. V uplynulých dekádách došlo jen k minimální modifikaci originálních technik, kdy určitou revolucí znamenalo zavedení techniky náhrady šlašinek mitrální chlopně goretexovými vlákny, ať již v modifikaci dle Davida (3) nebo dle Mohra (4). Popisu chirurgických technik plastiky mitrální chlopně se věnuje celá řada prací (5).

Operační výsledky izolované plastiky mitrální chlopně pro mitrální regurgitaci degenerativní etiologie jsou v současné době velmi dobré a operační mortalita je nízká. U nemocného bez dalších přidružených rizikových faktorů a se zachovanou funkcí levé komory srdeční a především na pracovištích s dostatečným objemem výkonů lze očekávat operační mortalitu hluboko pod 1 % (6, 7, 8).

Záchovná operace mitrální chlopně prokazuje na pracovištích, která se jí systematicky věnují, nejen spolehlivé krátkodobé výsledky, kdy reparabilita chlopně pro její degenerativní postižení je mezi 97–100 % (7, 8), ale především výborné dlouhodobé výsledky, kdy až 80 procent pacientů přežívá 20 a více let bez reoperace, u izolované patologie zadního cípu pak poměr pacientů bez reoperace dosahuje až 90 % (9, 10). S moderními technikami plastiky se pak rozdílily mezi jednotlivými patologi-

emi chlopně stírají a lze dosáhnout vynikající střednědobé stability plastiky bez ohledu na typ postižení (11).

S postupným publikováním dlouhodobých výsledků záchovných operací mitrálních chlopní se měnila i indikační kritéria a instrukce v doporučených postupech odborných společností. Bylo prokázáno, že přežívání po plastice mitrální chlopně je významně lepší než po náhradě chlopní jakéhokoliv typu (6, 12). Příčinami jsou lepší zachování funkce levé komory, eliminace nutnosti trvalé anti-koagulace a větší rezistence k infekci a tedy nižší riziko infekční endokarditidy. Zachování mitrální chlopně by všude tam, kde je to technicky možné, vždy mělo mít přednost před její náhradou.

Po větším rozšíření záchovných operací pak další práce prokázaly významně lepší dlouhodobé přežívání ve skupinách nemocných, kteří podstoupili záchovnou operaci mitrální chlopně před rozvojem symptomů, případně jen na základě anatomické vhodnosti operace mitrální chlopně ve srovnání se skupinami nemocných, kteří byli indikováni na základě vzniku symptomů nebo nepřímých známek závažnosti vady (plicní hypertenze, fibrilace síní, atd.) (13). Záchovná operace mitrální chlopně, pokud je provedena u málo symptomatizovaných pacientů (NYHA I, II) před rozvojem plicní hypertenze a fibrilace síní, má potenciál zaručit pacientům návrat na očekávanou křivku přežití běžné populace (14). Tato rostoucí evidence se zákonitě odrazila i v doporučených postupech ESC pro léčbu chlopnenních vad z roku 2021 (15), která již reflektují výše zmiňované výsledky.

Posun indikací směrem mladším a méně symptomatizovaným až asymptomatickým nemocným ale postupně otevřel otázku chirurgického přístupu k mitrální chlopně. Standardní kardiokirurgický přístup k operacím chlopnenních vad, tedy střední sternotomie, je přístupem, který obvykle vyřazuje pacienta z běžného života až na 6 týdnů, které jsou vyžadovány pro plné zhojení sternotomie, zatěžuje jej riziky rané infekce a dehiscence a především u mladých žen má i velmi nepříznivý kosmetický výsledek. Tento aspekt chirurgické léčby mitrální chlopně byl ještě zvýrazněn se zavedením

katetrizačních metod léčby mitrální regurgitace, kdy je možné dosáhnout velmi krátké doby rekonvalescence bez klasického chirurgického řezu. Nevýhodou v současné době používaných katetrizačních přístupů je ale nemožnost řešit některé složité patologie primární mitrální regurgitace a nespolehlivé dlouhodobé výsledky, které nemohou obzvláště mladým nemocným nabídnout trvanlivost plastiky srovnatelnou s chirurgickým výkonem. Tyto katetrizační techniky ani nejsou zamýšleny jako náhrada chirurgického přístupu u nízkorizikových pacientů, kteří jsou dobrými kandidáty chirurgické léčby (16).

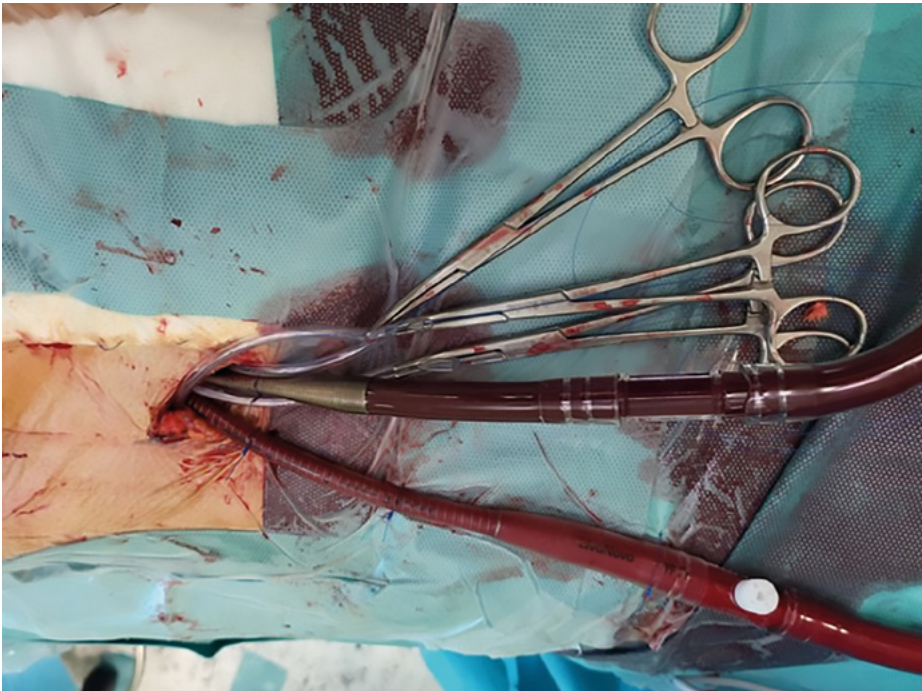
Toto vše přivedlo chirurgy k hledání méně invazivních přístupů k mitrální chlopně, které by nabídly nemocným to lepší z obou světů, tedy menší invazivitu, rychlejší rekonvalescenci a příznivý kosmetický výsledek, a zároveň i stabilitu a predikabilitu klasické chirurgické plastiky založené na principech moderní chirurgie mitrální chlopně.

Minimálně invazivní kardiokirurgie mitrální chlopně

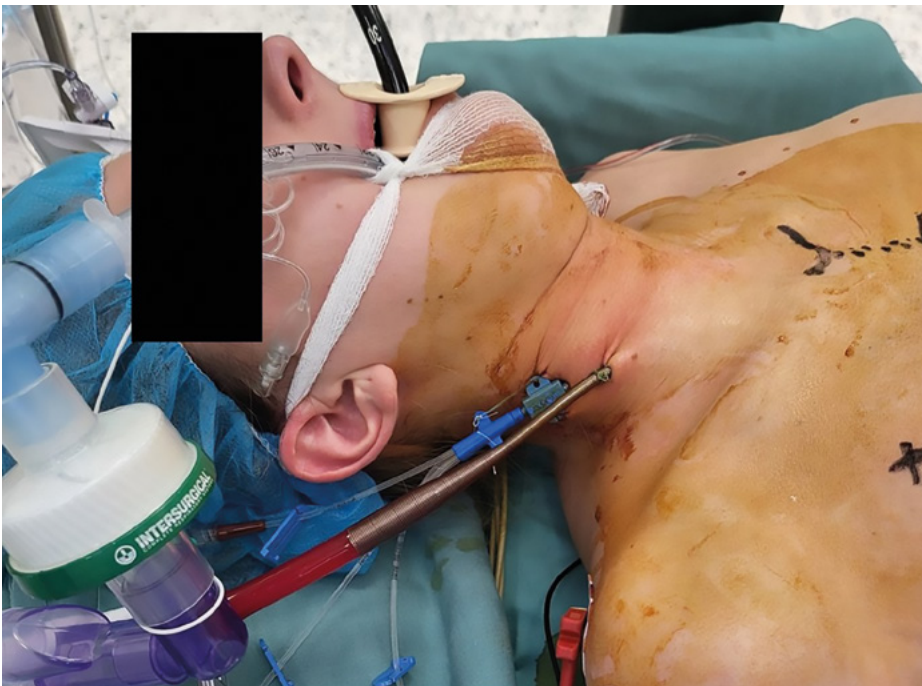
Naprostá většina chirurgických oborů se od konce 80. let minulého století zásadně změnila díky zavedení laparoskopických a torakoskopických operací. Při těchto operacích zcela zmizel klasický chirurgický řez a zákrok uvnitř tělních dutin je prováděn pomocí dlouhých nástrojů, které jsou do tělních dutin zavedeny přes vpichy v jejich stěně. Chirurg nezískává přehled o operačním poli přímo, ale z monitoru, na který je obraz přenášen kamerou zavedenou k operované oblasti. Tato technika se za posledních 30 let stala dominující v řadě chirurgických oborů, a to ze zřejmých důvodů. Laparoskopická či torakoskopická operace totiž nabízí menší zátěž pro nemocného, a tím umožňuje časnější návrat k aktivnímu životu, přináší méně bolesti a komplikací spojených s operačním přístupem (infekce, dehiscence ran, kýly apod.).

Kardiokirurgové dlouho zůstávali mimo tento proud a standardním přístupem k operacím mitrálních chlopní byl klasický kardiokirurgický přístup střední sterno-

Obr. 1. Chirurgická preparace pravého třísla pro kanylaci mimotělního oběhu a zavedená arteriální a žilní kanyla (foto NNH)



Obr. 2. Příkladná žilní kanyla zavedená perkutánně přes v. jugularis interna do horní duté žíly (foto NNH)



tomie. Teprve v 90. letech minulého století se začalo hovořit o miniinvazivní kardiologii. V oblasti chlopní chirurgie miniinvazivní zákroky získaly širší uplatnění především při zákrocích na atrioventrikulárních (AV) chlopních. Rozvoj miniinvazivní chlopní kardiologie byl umožněn nejen díky rozvoji laparoskopické a torakoskopické zobrazovací techniky, ale i díky vývoji nových kardiologických operačních nástrojů, a v neposlední řadě i díky

pokrokům v technikách periferní kanylace a vedení mimotělního oběhu.

Typy minimálně invazivních kardiologických přístupů k mitrální chlopni

Základním principem chlopní miniinvazivní kardiologie je snaha vyhnout se provedení plné podélné střední sternotomie a eliminovat nutnost širokého rozevírání operační rány. Od 90. let minulého století byla

popísána celá řada technik s incizí menší než klasická podélná sternotomie (17, 18). Z těchto přístupů získaly širší uplatnění následující přístupy:

1. parciální sternotomie, především dolní hemisternotomie
2. pravostranná torakotomie (10–12 cm)
3. pravostranná minitorakotomie s videoasistencí (4–6 cm)
4. 3D videoasistovaný přístup
5. robotický přístup

Parciální sternotomie a pravostranná torakotomie byly první redukováné chirurgické přístupy k mitrální chlopni, které eliminovaly plnou střední sternotomii. Tyto přístupy umožňovaly centrální kanylaci nitrohruďných cév k vedení mimotělního oběhu a vlastní zákrok na chlopni se prováděl pod přímou kontrolou zraku. Dnes se provádějí již jen na několika pracovištích

Ostatní přístupy se používají i v současné době a budeme se jim věnovat v další části práce.

Vedení mimotělního oběhu a ochrana myokardu

Zákroky na mitrální chlopni, jako všechny zákroky na otevřeném srdci, se provádějí vždy s použitím mimotělního oběhu, a ve většině případů i v kardioplegické srdeční zástavě. Při skutečně miniinvazivních přístupech je potřeba dosáhnout všech cílů použití mimotělního oběhu (adekvátní systémová perfuze, dostatečná drenáž srdce a dokonalá ochrana myokardu) bez možnosti přímé kanylace nitrohruďných cév. Těchto cílů lze dosáhnout periferní kanylací femorálních cév a speciálními technikami uzavření aorty a podání kardioplegického roztoku.

Periferní kanylace: Nejčastěji se volí kanylace femorálních cév, a to většinou pravostranných. Přístup k cévám spočívá v šikmém řezu cca 3 cm dlouhém v pravém tříslu, kdy jsou cévy chirurgicky obnaženy pouze na ventrální straně. Na přední plochu společně femorální tepny a femorální žíly jsou naloženy tabákové monofilamentní stehy. Kanylace se pak po adekvátní heparinizaci provádí pod přímou kontrolou zraku Seldingerovou technikou. Tepenná kanyla se

zavádí do femorální tepny relativně mělce, tak aby nedošlo k obstrukci vnitřní ilické tepny kanylou. Použití kanyl v rozmezí 19–23 Fr umožňuje bezpečnou retrográdní systémovou perfuzi i u obézních pacientů. Naproti tomu žilní kanyla se zavádí pod kontrolou TEE do pravé síně tak aby zasahovala několik centimetrů do horní duté žíly (Obr. 1). U větších pacientů, kde lze předpokládat horší drenáž srdce, nebo u nemocných, kde je plánovaný zákrok i v pravostranných srdečních oddělech (uzávěr většího defektu septa síní nebo plastika trikuspidální chlopně) je vhodné kanylací přes femorální žílu doplnit i punkční transkutánní kanylací horní duté žíly přes vnitřní jugulární žílu (Obr. 2). Takto provedená kanylace provedení mimotělního oběhu zajišťuje adekvátní a bezpečnou systémovou perfuzi a dokonalou žilní drenáž u většiny nemocných. Při výběru pacientů k minimálně invazivním operacím mitrální chlopně je třeba dbát na vyloučení kontraindikací femorální perfuze, jako jsou ICHDK, výdutě a těžká ateroskleróza břišní a hrudní aorty. Proto se u všech nemocných před použitím periferní perfuze musí provést CT AG celé aorty a femorálních tepen. Důsledné vyžadování této zobrazovací metody v rámci předoperačních vyšetření u všech nemocných před miniinvazivním zákrokem na mitrální chlopně vedlo k eliminaci nejhorších komplikací periferní retrográdní perfuze, tedy vyššího výskytu embolizačních mozkových příhod a retrográdní disekce. Podobně důsledná monitorace adekvátností perfuze kanylované dolní končetiny vedla k eliminaci končetinové ischemie.

Uzavření aorty a ochrana myokardu:

V současné době se většina kardiologických zákroků na chlopních provádí v kardioplegické zástavě, která nabízí kombinaci dokonalé ochrany myokardu a bezkrevného operačního pole. Při skutečně miniinvazivních zákrocích na mitrální chlopně (minitorakotomie, 3D videoasistence a robotický přístup) není ale možný přímý přístup ke kořeni aorty a ascendentní aortě a pro uzavěr aorty a podání kardioplegického roztoku se musí volit modifikované techniky.

Uzavěr aorty lze provést buď **zevně** dlouhou tzv. **transtorakální svorkou** (Chitwood, Cygnet), která se zavádí přes

hrudní stěnu bodovou incizí, anebo přímo přes operační ránu. Další variantou transtorakální svorky je odpoutatelná svorka, kdy její periferní část zůstává během kardioplegické zástavy na vzestupné aortě (Glauberova svorka). Kardioplegický roztok se po naložení svorky na ascendentní aortu poté podává přímo do kořene aorty také speciální dlouhou kardioplegickou jehlou. Výhodou použití všech typů transtorakálních svorek je jejich relativní jednoduchost a nízké finanční náklady. Naproti tomu nevýhodou může být kolize s endoskopem nebo s robotickými rameny (18).

Druhou možností uzavěru aorty je **endo-aortální okluze** speciálním balonkovým katétre (Intraclade). K uzavěru ascendentní aorty se používá speciální balonek, který je umístěn na konci dlouhého katétru. Tento katétr se zavádí přes boční raménko speciální arteriální femorální kanyly použité k retrográdní systémové perfuzi pacienta. Balonek je pro kardioplegickou srdeční zástavu nutné zavést pod kontrolou TEE až do ascendentní aorty a rozepnout těsně před odstupem brachiocefalického trunku. Balonkový katétr pak má v sobě zabudovaný kanál, kterým se podá kardioplegický roztok až do kořene aorty. Zásadní výhodou této techniky je nepřítomnost svorky v operačním poli, a tím je zcela eliminováno riziko konfliktu s endoskopem či nástroji. Toto je obzvláště výhodné u robotických operací. Další velkou výhodou je možnost podání kardioplegického roztoku bez nutnosti manipulace s aortálním kořenem a bez nutnosti punkce aorty, což eliminuje riziko krvácení z tohoto místa. Naopak nevýhodou je technická náročnost, delší učící křivka a pořizovací náklady katétru (18, 19).

Při miniinvazivních výkonech na mitrální chlopně je také důležitá **volba kardioplegického roztoku**. Obecně se volí roztoky, které navyžují příliš časté opakování podávání dávek kardioplegického roztoku. Velkou popularitu si při miniinvazivních zákrocích na mitrální chlopně získal intracelulární krystaloidní roztok Custodiol, v poslední době pak krevní kardioplegický roztok del Nido, který byl původně vyvinutý pro pediatrickou kardiologii. Oba tyto kardioplegické roztoky dosahují při ochraně myokardu srovnatelných výsledků (20).

Mini-torakotomické a videoasistované výkony na mitrální chlopně

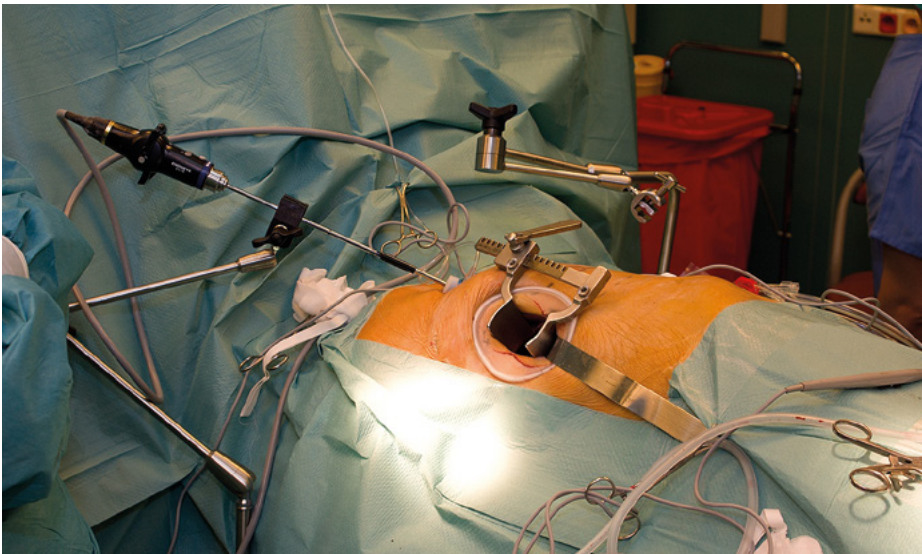
Minitorakotomické přístupy s videoasistencí byly zavedeny v 90. letech. První úspěšnou operaci mitrální chlopně videoasistovaným přístupem provedl Alain Carpentiere v roce 1996 (21) a o další popularizaci těchto výkonů se zasloužili především chirurgická skupina profesora Mohra v Lipsku a Hugo Vanermen v Aalstu (22, 23). Všechny tyto techniky vycházely z principu limitované pravostranné minitorakotomie a videoasistence. Během uplynulých dekád byla představena celá řada modifikací, z nichž asi nejvýznamnější je technika periaeorální kožní incize (24), která především u mužů nabízí excelentní kosmetické výsledky. Nedílnou součástí všech těchto technik je videoasistence, původně 2 D, ale v poslední době převažuje 3D videoasistence, která umožňuje provádět výkon téměř kompletně endoskopicky s velikostí asistentického řezu zhruba 2–3 cm a zcela bez použití rozevření žeber torakotomickým rozvěračem (25). Přes různé modifikace původní techniky ale zůstávají základní principy tohoto postupu stejné a byly v minulosti mnohokrát popsány (18, 26).

Při anesteziologické přípravě pacienta k operaci se většinou používají techniky, které umožňují ventilaci jedné, a to levé plic s možností pravou plíci vyřadit, a tím umožnit preparaci v pohrudniční dutině ještě před spuštěním mimotělního oběhu (selektivní intubace, intrabronchiální okluder). V této fázi je možné perkutánně přes vnitřní jugulární žílu zavést kanylu do horní duté žíly za účelem zlepšení drenáže srdce. Operaci však lze provést i jen s kanylací pravé síně přes femorální žílu. Pacient je napolohován na operačním stole s lehce podloženou pravou lopatkou tak, aby byl usnadněn přístup do pravé pohrudniční dutiny. Kožní incize se vede u mužů na úrovni přední až střední axilární čáry nad 4. mezižebřím (Obr. 3), alternativou je pak periaeorální incize (24). U žen, především u mladších, se pak většinou volí řez v inframamární rýze, který má nejlepší kosmetický efekt. Délka incize se u minitorakotomického přístupu pohybuje v rozmezí 4–6 cm, u plně endosko-

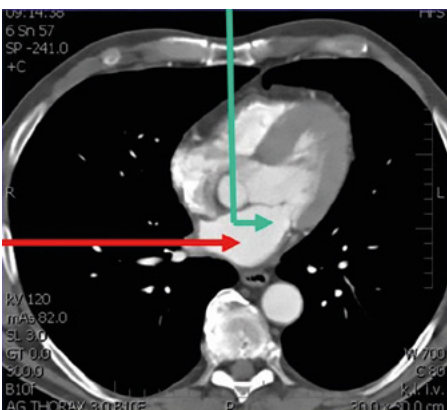
Obr. 3. Minitorakotomický přístup k mitrální chlopni (foto NNH); plánovaná kožní incize ve 4. mezižebří



Obr. 4. Minitorakotomický přístup k mitrální chlopni (foto NNH); přístup do pravé pohrudniční dutiny přes „soft tissue“ a mechanický retraktor a zavedený 2D torakoskop



Obr. 5. Přístup k mitrální chlopni cestou pravostranné minitorakotomie (červená šipka) je přímý na rozdíl od přístupu cestou střední sternotomie (zelená šipka)



pického, 3D videoasistovaného pak nepřesahuje 2,5–3 cm. Pohrudniční dutina se většinou otevírá ve 4. mezižebří. Do rány se zavede tzv. „soft tissue“ rozvěrač, kterým se vytvoří pracovní kanál. U minitorakotomických technik se používá i mechanický mezižebří rozvěrač. Do pravé pohrudniční dutiny se poté zavede 2D či 3D endoskop a zbytek operace se provádí s videoasistencí (Obr. 4). U většiny pacientů je potřeba odtlačit či odtáhnout pravou brániční kupulu tak, aby se sjednal přístup k mediastinu. V této fázi se provede připojení pacienta na mimotělní oběh, většinou přes pravé femorální cévy. Otevření perikardiální

dutiny pak již většinou probíhá na plném mimotělním oběhu. Perikard se otevírá podélnou incízí cca 3–5 cm nad pravým n. phrenicus a vyvěsí se přes hrudní stěnu. Tímto způsobem se získá přístup k intraperikardiálním pravostranným plicním žilám a k mezisíňové přepážce. Poté se uzavře ascendentní aorta a podá kardioplegický roztok některým z výše popsaných způsobů. Levá síň se otevře vertikálním (paraseptálním) přístupem v předním aspektu pravostranných plicních žil. K zpřístupnění levé síně a vizualizaci mitrální chlopně se použije speciální transtorakální síňový retraktor. Výhodou tohoto přístupu ve srovnání s přístupem ze sternotomie je nejen menší incize a šetření sternu, ale i přímý, a tím i přehlednější, přístup k mitrální chlopni. Chirurg vidí mitrální chlopu ve své přirozené pozici (Obr. 5). Vlastní zákrok na mitrální chlopni pak probíhá stejnými technikami jako u sternotomického přístupu za respektování Carpentierových principů plastiky mitrální chlopně (5). Výkon na mitrální chlopni probíhá buď pod přímou zrakovou kontrolou chirurga za videoasistenci 2D kamery, nebo v případě 3D kamery plně endoskopicky (Obr. 6). Limitujícími faktory při volbě techniky plastiky chlopně je rigidita nástrojů a horší manipulovatelnost v operačním poli, volí se tedy spíše neresekční techniky plastiky chlopně. Zákrok na chlopni je ukončen uzavřením levé síně, odzdušněním srdce a ukončením mimotělního oběhu. Ve většině případů je uzavřen perikard a do pravé pohrudniční dutiny je zaveden hrudní drén.

Tento přístup zcela eliminuje riziko hluboké rané infekce v oblasti sternotomie a jeho nespornou výhodou je jednoznačný kosmetický benefit pro pacienta (Obr. 7).

Roboticky asistované výkony na mitrální chlopni

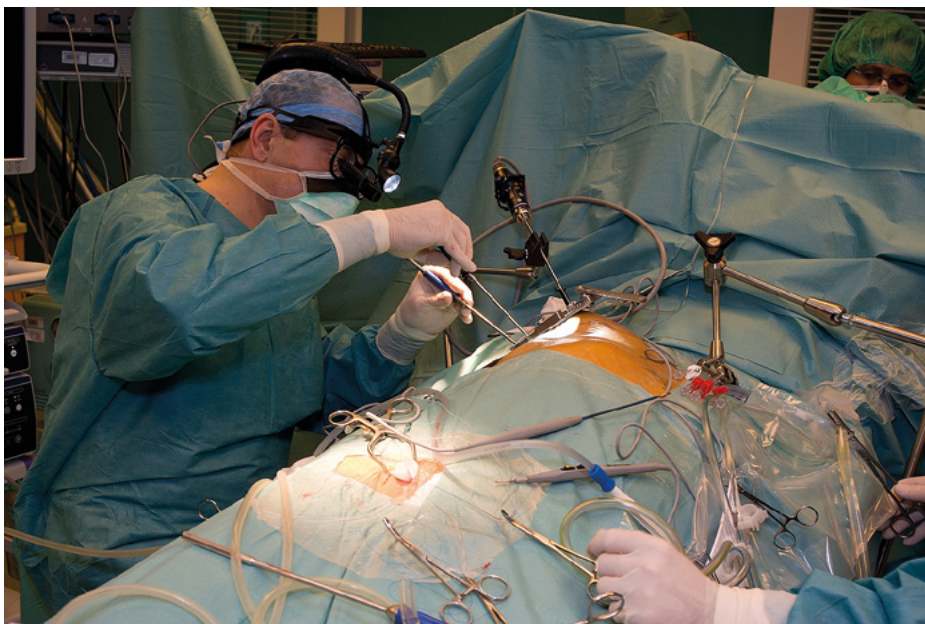
Miniinvasivní přístupy k mitrální chlopni se staly v posledních 2 dekádách velmi populární, ale přes dobré výsledky a poměrně velké rozšíření má tato technika stále určité limity, které vycházejí především z toho, že tyto výkony stále vyžadují provedení kožního řezu a narušení hrudní stěny chirurgickou incízí. Další limitací jsou pak omezená možnost přesně ovládat rigidní torakoskopické nástroje a ztráta prostorového vnímání při

používání 2D zobrazení. Tento problém je v kardiochirurgii akcentován hlavně proto, že kardiochirurgie je na rozdíl od ostatních chirurgických oborů, oborem rekonstrukčním a naráží tak na limity klasické torakoskopie. Překonat limitace rigidních nástrojů se podařilo až zavedením telemanipulačních (robotických) systémů, které umožňují pohyb na konci torakoskopických nástrojů.

Robotická technologie byla vyvíjena od 90. let a prvotní impuls vyšel z potřeby armády, kdy základní představou byla možnost „operovat“ pacienty nástroji, které by byly ovládány na dálku chirurgem, který sedí v bezpečí zázemí. Pohyby chirurga jsou tak přenášeny z ovládacích prvků na konce instrumentů, které svým pohybem imitují lidské zápěstí (wrist-like). Do celého systému bylo dále implementováno 3D stereoskopické zobrazení, které umožňuje dokonalou orientaci v prostoru a softwarové odstranění třesu rukou. Přestože se tedy jedná o telemanipulátory, které přenášejí chirurgovy pohyby na dálku a reprodukuje je v operační ráně, vžilo se pro tento druh chirurgie označení **robotická chirurgie**. Použití telemanipulátoru znamená další posun směrem k ještě větší miniinvasivitě chirurgických oborů, v kardiochirurgii pak tento přístup našel uplatnění především v chirurgii mitrální chlopně, kdy první úspěšný robotický zákrok na srdci byl proveden v roce 1997 A. Carpentierem v Paříži (27), a krátce poté i zákrok na mitrální chlopní F. Mohrem v Lipsku (28). Poté se aktivita v robotické kardiochirurgii přesunula do USA a o její popularizaci se zasadil především D. Murphy v Atlantě (29).

V současné době je komerčně dostupný jediný robotický systém, a to systém da Vinci® (Intuitive Surgical, Mountain View, Calif, USA). Jedná se o čtyřramenný (3 ramena ovládající nástroje + 1 rameno pohybující kamerou) operační systém, který se skládá ze tří komponent, které jsou vzájemně propojeny. Jednotlivé komponenty systému jsou: chirurgická ovládací konzole, operační konzole a torakoskopická videověž (Obr. 8). Prostorový obraz v chirurgické ovládací konzoli umožňuje intuitivní ovládání, zejména určení polohy nástrojů uvnitř těla pacienta a jejich jemnou manipulaci. Do chirurgické konzole jsou sdruženy všechny ovládací prvky celé-

Obr. 6. Minitorakotomický přístup k mitrální chlopní (foto NNH): chirurg pracuje na mitrální chlopní pod přímou zrakovou kontrolou s možností videoasistence



Obr. 7. Minitorakotomický přístup k mitrální chlopní (foto NNH): kosmetický efekt po 30 dnech od výkonu



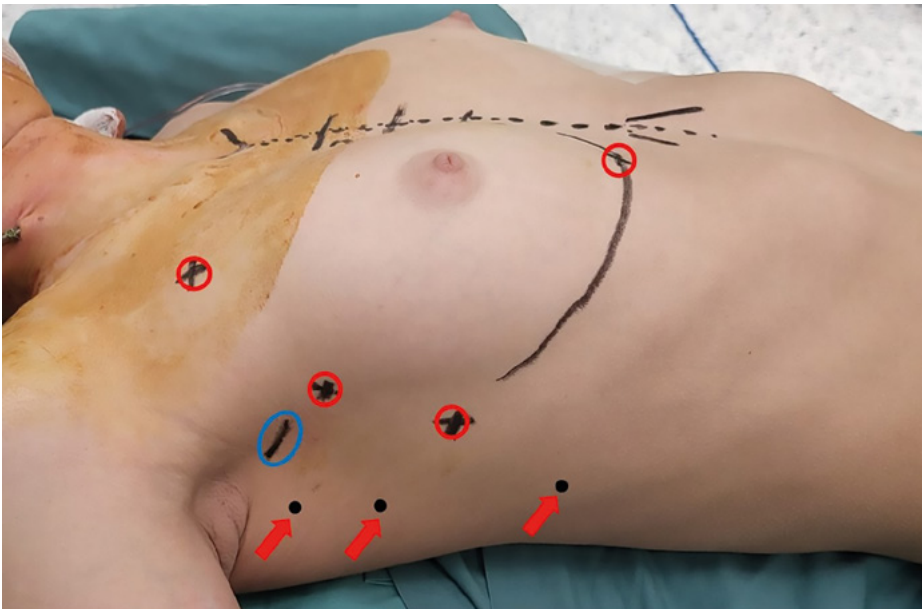
Obr. 8. Robotický systém da Vinci® (Intuitive Surgical, Mountain View, Calif, USA). A – chirurgická ovládací konzole, B – operační konzole, C – torakoskopická věž (foto Intuitive Surgical)



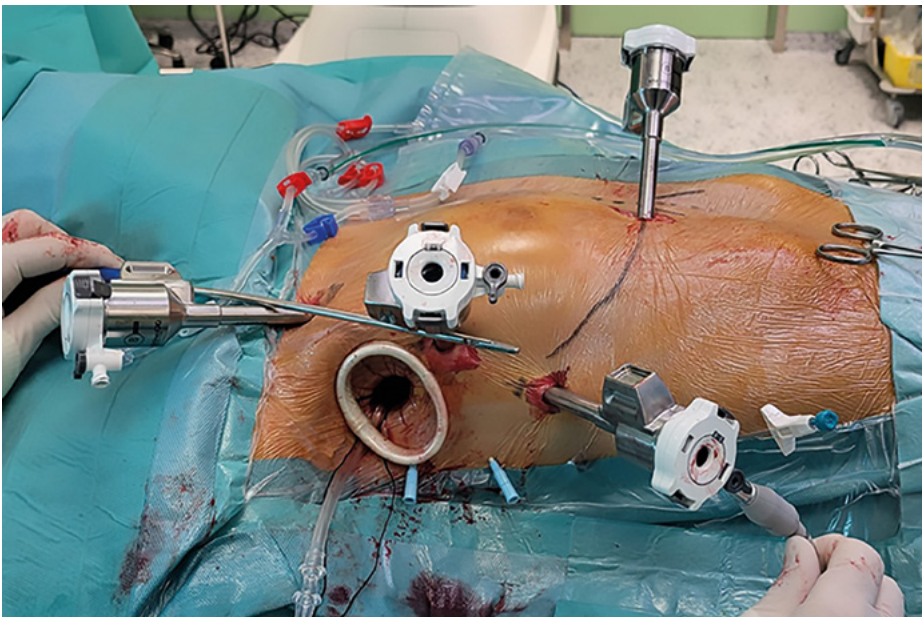
Obr. 9. Koncovky nástrojů používané při robotických operacích (foto Intuitive Surgical)



Obr. 10. Robotický přístup k mitrální chlopni (foto NNH): plánovaná kožní incize a vpichy (červené ovály – robotické trokary, modrý ovál – asistentský port, červené šipky – perikardiální a brániční trakční stehy). Na hrudníku je vyznačený i střed sternu a inframamární rýha



Obr. 11. Robotický přístup k mitrální chlopni (foto NNH): do pravé pohrudniční dutiny jsou zavedeny trokary pro kameru a pro robotické nástroje

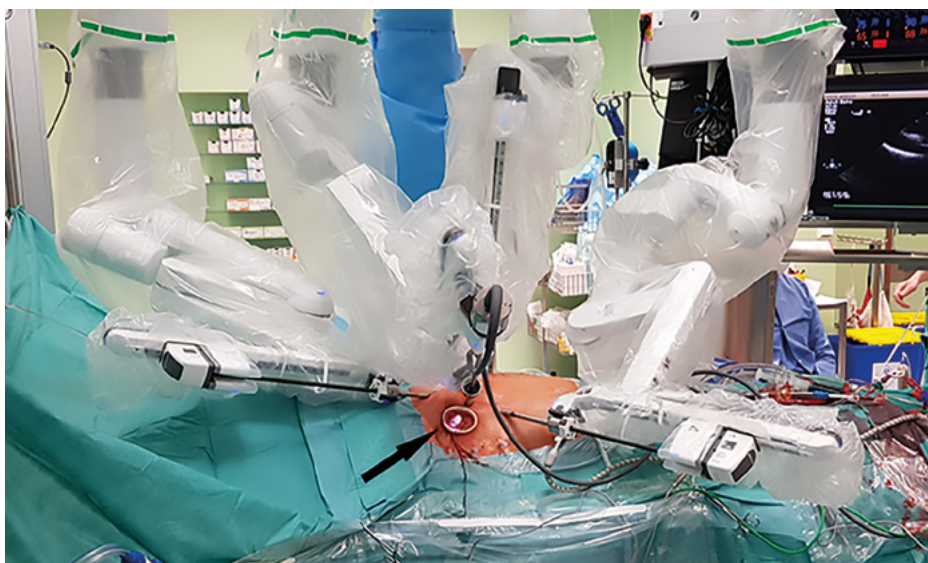


ho systému. Operační konzole má na pevně základně 4 ramena a je jí třeba umístit u pacienta a nástroje zavést do pohrudniční dutiny. Operační konzole je jedinou sterilní součástí systému. Vlastní operační nástroje jsou připojeny k ramenům robota a jsou plně výměnné. K dispozici je celá škála chirurgických nástrojů (Obr. 9). Torakoskopická videověž pak obsahuje všechny ostatní komponenty systému.

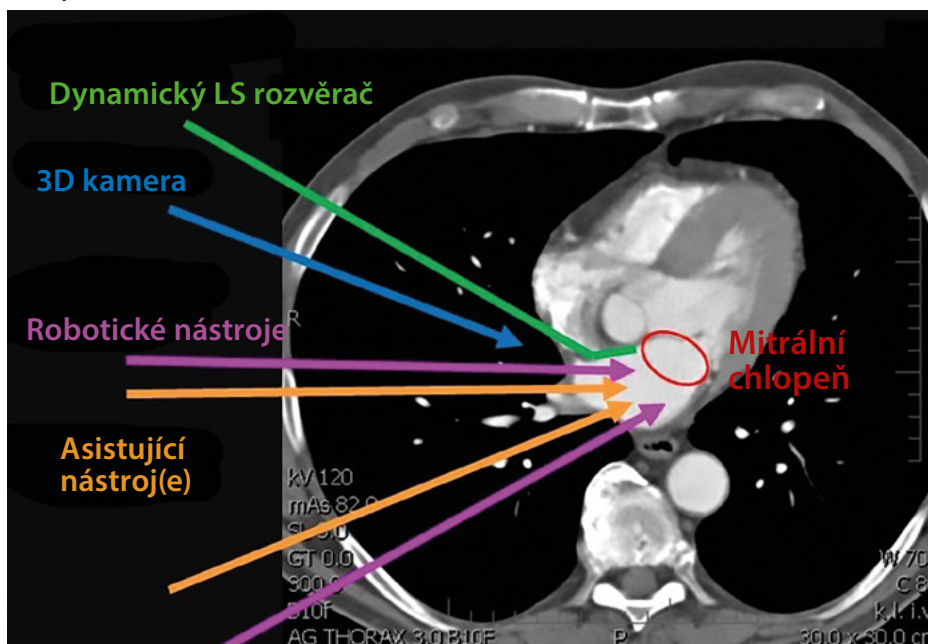
Operační tým se při robotických operacích obvykle skládá ze 3 osob; operátora, který přes chirurgickou ovládací konzoli na dálku ovládá robotické nástroje; dále z asistenta, který je u pacienta a přes asistentský port nebo incizi asistuje operátorovi; a instrumentářky, která kromě své obvyklé činnosti provádí i výměnu nástrojů na ramenech operační konzole.

Robotický zákrok na mitrální chlopni je dnes již standardizován, operační postup byl mnohokrát popsán (30, 31, 32). Anesteziologická příprava, napolohování pacienta a zavedení mimotělního oběhu je při robotických operacích stejné jako při operacích minitorakotomických. Přístup je také přes pravou pohrudniční dutinu, rozdílné je ale umístění incizí a zavedení robotických portů (Obr. 10). Operace začíná vytvořením 2–2,5 cm incize pro zavedení asistentského portu zhruba v přední axilární čáře ve 3 mezižebří. Do pohrudniční dutiny se proniká tupou preparací, bez incize v mezižebřerních svalech, postup je podobný zavedení silného hrudního drénu. Poté se pod digitální kontrolou zavádějí robotické porty ve 2., 3. a 5. mezižebří pro 3D endoskopickou kameru a robotické nástroje. Poté je již pod kontrolou kamery do 4. mezižebří parasternálně zaveden robotický trokar pro síňový retraktor a v zadní axilární čáře malé porty pro trakční stehy na perikard a bránici (Obr. 11). Těsně před spuštěním mimotělního oběhu je provedeno zadokování robotického systému k operačnímu stolu, připojení robotických portů a zavedení robotických nástrojů do pohrudniční dutiny (Obr. 12). Zbytek výkonu je již proveden plně torakoskopicky robotickými nástroji za manuální asistence asistentem. Robotický přístup oproti přístupu minitorakotomickému nabízí nejen lepší flexibilitu nástrojů a možnost ovládat kameru a síňový retraktor, ale i možnost pracovat na mitrální chlopni

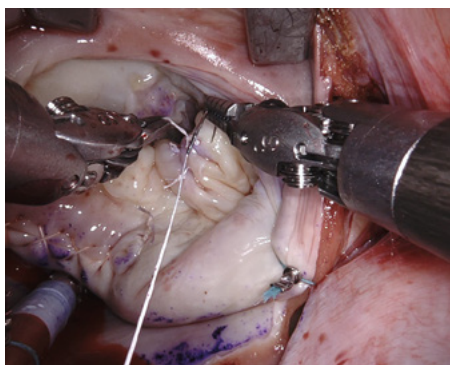
Obr. 12. Robotický přístup k mitrální chlopni (foto NNH): Robotické trokary jsou připojeny na ramena robotického systému a do pohrudniční dutiny je zavedena kamera a nástroje. 2,5 cm dlouhý port pod kamerou (šipka) slouží pro asistenci při výkonu a pro vložení prstence do operačního pole



Obr. 13. Robotický přístup k mitrální chlopni umožňuje současně pracovat v operačním poli až čtyřmi nástroji (2 robotické + 2 asistentské)



Obr. 14. Komplexní rekonstrukce zadního cípu pro prolaps a defekt zadního cípu (Typ I a Typ II) prováděná robotickým systémem. Je zachyceno uzavírání mnohočetného defektu zadního cípu v segment P3 robotickými nástroji



3–4 nástroji současně (Obr. 13). Velkým přínosem je 3D zobrazení operačního pole, které umožňuje mnohem lepší přehled v oblasti vlastní chlopně, a především jejího subvalvárního aparátu. Díky speciálním chirurgickým nástrojům, kterých může být použito více než při klasické torakoskopické operaci, a díky možnosti přímé asistence v operačním poli jsou tak umožněny komplexnější a preciznější zákroky na vlastní mitrální chlopni. Vlastní postup operace se od minitorakotomické liší jen minimálně, principy jsou stejné, jen je potřeba používat modifikované manévry, které jsou uzpůsobeny logistice použití

Obr. 15. Robotický přístup k mitrální chlopni (foto NNH): Kosmetický efekt po 30 dnech od výkonu



robotického systému. Po zahájení mimotělního oběhu se umístí trakční steh na kupulu bránice, která se stáhne kaudálně tak, aby nedocházelo ke kontaktu s pravým robotickým nástrojem, perikard se otevře podélně před pravým n. phrenicus a vyvší se přes hrudní stěnu. Po uzavření ascendentní aorty a po podání kardioplegie se otevře levá síň podélnou paraseptální incizí při předním aspektu pravostranných plicních žil a do levé síně je zaveden robotický dynamický síňový rozvěrač, který operátor může ovládat přímo z operační konzole. Tento rozvěrač zásadním způsobem usnadňuje manipulaci v levé síni. Vlastní zákrok na mitrální chlopni je poté proveden standardními chirurgickými technikami tak jako při otevřené operaci. Na rozdíl od klasické torakoskopie je robotickým přístupem možno provádět plné spektrum technik, které jsou při plastikách mitrální chlopně k dispozici. Chirurg tak není odkázán jen na resekční techniku, případně implantaci arteficiálních chord, ale může využívat i složité rekonstrukční techniky (Obr. 14). Výkon se dokončí plně roboticky uzavřením levé síně, odzdušněním srdce a ukončením mimotělního oběhu. Uzavěr perikardu a drenáž pravé pohrudniční dutiny je také standardní součástí výkonu.

Tato technika ještě dále snižuje invazivitu zákroku na mitrální chlopni a z pohledu pacienta je nejatraktivnější zvýšená šetrnost k hrudní stěně, kdy nejdelší incize v hrudní stěně by neměla přesáhnout 2–2,5 cm, a díky přístupu k mitrální chlopni přes porty odpadá nutnost použít při přístupu do hrudníku roztažení mezižebních prostor, tím se ještě dále snižuje trauma hrudní stěny a bolestivost zákroku. Pacienti oceňují především výborný kosmetický efekt výkonu (Obr. 15).

Diskuze

Během posledních 20 let se technika miniinvasivních operací mitrální chlopně standardizovala a tento přístup získal velkou popularitu a v některých evropských zemích se tímto přístupem provádí již více než 50 % zákroků na mitrální chlopci. V současné době je tedy miniinvasivní chirurgie mitrální chlopně široce akceptována jako standardní postup a pro jeho aplikaci existují doporučené postupy (33).

V mnoha pracích, včetně propensity-matched studií, systematických přehledů a metaanalýz se prokázalo, že krátkodobé i dlouhodobé výsledky jsou velmi dobré a plně srovnatelné s otevřenou technikou co se týká mortality, komplikací i chirurgických výsledků plastiky. I přes poněkud delší časy mimotělního oběhu a kardioplegické srdeční zástavy, dosahují miniinvasivní techniky nižší počet raných komplikací, nižší výskyt pooperační fibrilace síní, menší potřebu transfuzí, kratší dobu umělé plicní ventilace, kratší pobyt na jednotce intenzivní péče i kratší celkovou hospitalizaci (33, 34, 35, 36).

Konečným cílem minimálně invazivní kardiouchirurgie samozřejmě zůstává plně

torakoskopicky provedená operace, zcela bez nutnosti chirurgické incize, případně jen s minimální pomocnou kožní incizí bez rozveření žebber. Tak se v posledních letech zákonitě operační přístup posunul i směrem k robotickým operacím. V současné době jsou již zkušenosti s velkými soubory pacientů na severoamerických pracovištích a byla prokázána bezpečnost a výborné krátkodobé a dlouhodobé výsledky těchto výkonů (29, 37). Bylo také demonstrováno, že použití robotické techniky umožňuje při plastice mitrální chlopně rutinní použití komplexních rekonstrukčních technik (38).

Podobně jako u miniinvasivní techniky, robotický přístup k mitrální chlopci ve srovnání s klasickou sternotomií dosahuje nižší výskyt pooperační fibrilace síní, menší potřebu transfuzí, kratší pobyt na jednotce intenzivní péče i kratší celkovou hospitalizaci i přes delší časy mimotělního oběhu a kardioplegické srdeční zástavy (39, 40). Krátkodobé i dlouhodobé výsledky jsou excelentní (41) a jedna recentní metaanalýza dokonce prokázala nižší mortalitu ve srovnání se skupinou pacientů operovaných sternotomickým přístupem (39).

Příklon k robotické technice je v posledních letech patrný i v Evropě a dá se předpokládat její další rozšíření (31, 42, 43, 44). Úvodní zkušenosti s touto technikou na našem pracovišti jsou velmi povzbudivé, predikovatelnost výsledku plastiky je velmi vysoká, reparabilita chlopně v našem souboru téměř 180 pacientů byla 100%.

Závěr

Miniinvasivní a robotická technika plastiky mitrální chlopně nabízí, především u mladších nemocných, možnost provádět komplexní rekonstrukční výkony nejen s vysokou reparabilitou, ale i s minimální invazivitou, která posléze umožňuje rychlý návrat k běžným aktivitám. Toto je pro mladé nemocné atraktivní především ve světle nových doporučení odborných společností, kdy se indikace pro záchovný výkon posouvají do skupin asymptomatických pacientů a výkony mají preventivní charakter. Do budoucna lze předpokládat, že méně invazivní přístupy k mitrální chlopci se stanou standardem péče o tyto nemocné a ještě více zvýrazní potřebu vytvářet specializovaná „centers of excellence“ pro chirurgickou léčbu mitrální chlopně.

LITERATURA

1. Carpentier A. Cardiac valve surgery – the „French correction“. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1983;86(3):323-37.
2. Carpentier AF, Lessana A, Relland JY, et al. The „physio-ring“: an advanced concept in mitral valve annuloplasty. *Ann Thorac Surg.* 1995;60(5):1177-85; discussion 1185-6.
3. David TE. Replacement of chordae tendineae with expanded polytetrafluoroethylene sutures. *J Cardiac Surg.* 1989;4:286-90.
4. von Oppel UO, Mohr FW. Chordal replacement for both minimally invasive and conventional mitral valve surgery using premeasured Gore-Tex loops. *Ann Thorac Surg.* 2000;70:2166-8.
5. Žáček P. Chirurgická léčba mitrální nedomykavosti jako zlatý standard. *Interv Akut Kardiolog.* 2023;22(1):12-16.
6. Kouchoukos NT, Blackstone EH, Hanley FL, et al. Mitral Valve Disease with or without Tricuspid Valve Disease. *Kirklin/Barrat-Boyes Cardiac Surgery.* 4th ed. Ste: Elsevier Saunders; 2013, p. 474-540.
7. Castillo JG, Anyanwu AC, Fuster V, et al. A near 100% repair rate for mitral valve prolapse is achievable in a reference center: Implication for future guidelines. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;144:308-12.
8. Yazdich F, Koch CG, Mihajlevic T, et al. Increasing Disadvantage fo „Watchfull waiting“ for repairing digenerative mitral valve disease. *Ann Thorac Surg.* 2015;99(6):1992-2000.
9. DiBardino DJ, ElBardissi AW, McClure RS, et al. Four decades of experience with mitral valve repair: analysis of differential indications, technical evolution, and long-term outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;139(1):76-83; discussion 83-4.
10. Braunberger E, Deloche A, Berrebi A, et al. Very long-term results (more than 20 years) of valve repair with Carpentier's techniques in nonrheumatic mitral valve insufficiency.

Circulation. 2001;104(12 Suppl 1):I8-11.

11. Seeburger J, Borger MA, Doll N, et al. Comparison of outcomes of minimally invasive mitral valve surgery for posterior, anterior and bileaflet prolapse. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009;36(3):532-8.
12. Enriquez-Sarano M, Schaff HV, Orszulak TA, et al. Valve repair improves the outcome of surgery for mitral regurgitation. A multivariate analysis. *Circulation.* 1995;91(4):1022-8.
13. Enriquez-Sarano M, Suri RM, Clavel MA, et al. Is there an outcome penalty linked to guideline-based indications for valvular surgery? Early and long-term analysis of patients with organic mitral regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015;150(1):50-8. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.04.009. Epub 2015 Apr 9.
14. Enriquez-Sarano M, Sundt TM 3rd. Early surgery is recommended for mitral regurgitation. *Circulation.* 2010 Feb 16;121(6):804-11; discussion 812.
15. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the Management of valvular heart disease. *Eur Heart J.* 2022;43(7):561-632.
16. Ramlawi B, Gammie JS. Mitral vavle surgery: Current minimally invasive and transcatheter options. *Methodist DeBakey Cardiovasc J.* 2016;12(1):20-6.
17. Bonatti J, Crailsheim I, Grabenwoger M, et al. Minimally invasive and robotic mitral valve surgery: Methods and outcomes in a 20-Year Review. *Innovations (Phila).* 2021;16(4):317-326.
18. Wolfe JA, Malaisrie SC, Farivar RS, et al. Minimally invasive mitral valve surgery II. Surgical technique and postoperative management. *Innovations (Phila).* 2016;11(4):251-9.
19. Van Praet KM, Kofler M, Sundermann SH et al. Endoaortic balloon occlusion during minimally invasive mitral valve sur-

gery. Innovations. 2022;17(2):83-87.

20. Chan J, Oo S, Butt S, et al. Network meta-analysis comparing blood cardioplegia, Del Nido cardioplegia and custodiol cardioplegia in minimally invasive cardiac surgery. *Perfusion.* 2022;0(0). doi:10.1177/02676591221075522.
21. Carpentier A, Loulmet D, Carpentier A, et al. Open heart operation under videosurgery and minithoracotomy. First case (mitral valvuloplasty) operated with success. *C R Acad Sci III.* 1996;319(3):219-23.
22. Schroyers P, Wellens F, De Geest R, et al. Minimally invasive video-assisted mitral valve surgery: Our lessons after a 4-year experience. *Ann Thorac Surg.* 2001;72:S1050-4.
23. Mohr FW, Onnasch JF, Falk V, et al. The evolution of minimally invasive valve surgery – 2 year experience. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1999;15(3):233-8.
24. Poffo R, Pope RB, Toschi AP, et al. Video-assisted minimally invasive mitral valve repair: periareolar approach. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009;24(3):425-7.
25. Westhofen S, Conradi L, Deuse T, et al. A matched pairs analysis of non-rib-spreading, fully endoscopic, mini-incision technique versus conventional mini-thoracotomy for mitral valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016;50(6):1181-1187.
26. Vanermen A, Van Praet F, Degrick I, et al. Endoscopic mitral valve repair. *Operative Techniques in Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 16(4):278-292.
27. Carpentier A, Loulmet D, Aupeck B, et al. Computer assisted open heart surgery. First case operAusated with success. *CR Acad Sci III.* 1998;321(5):437-442.
28. Autschbach R, Onnasch JF, Falk V, et al. The Leipzig experience with robotic valve surgery. *J Card Surg.* 2000;15(1):82-7.
29. Murphy DA, Moss E, Binnongo J, et al. The Expanding role of endoscopic Robotics in Mitral Valve Surgery: 1,257

- Consecutive Procedures. *Ann Thorac Surg.* 2015;100:1675-82.
30. Bonatti J, Kiaii B, Alhan C, et al. The role of robotic technology in minimally invasive surgery for mitral valve disease. *Expert Rev Med Devices.* 2021;18(10):955-970.
31. Franke UFW, Huether F, Ghinescu M, et al. Robotically assisted mitral valve surgery – experience during the restart of a robotic program in Germany. *Ann Cardiothorac Surg.* 2022;11(6):596-604.
32. Palmen M, Navarra E, Bonatti J, et al. Current state of the art and recommendations in robotic mitral valve surgery. *Interact CardioVasc Thorac Surg.* 2022;35(6):ivac160. doi: 10.1093/icvts/ivac160.
33. Falk V, Cheng DC, Martin J, et al. Minimally invasive versus open mitral valve surgery: a consensus statement of the international society of minimally invasive coronary surgery (ISMICS) 2010. *Innovations (Phila).* 2011;6(2):66-76.
34. Grant SW, Hickley GL, Modi P, et al. Propensity-matched analysis of minimally invasive approach versus sternotomy for mitral valve surgery. *Heart.* 2019;105:783-789.
35. Eqbal AJ, Gupta S, Basha A, et al. Minimally invasive mitral valve surgery versus conventional sternotomy mitral valve surgery: A systematic review and meta-analysis of 119 studies. *J Card Surg.* 2022;37:1319-1327.
36. Bonatti J, Crailsheim I, Grabenwoger M, et al. Minimally invasive and robotic mitral valve surgery: Methods and outcomes in a 20-year review. *Innovations (Phila).* 2021;16(4):317-326.
37. Gillinov AM, Mihajlevic T, Javadigaskari H, et al. Early results of robotically assisted mitral valve surgery: Analysis of the first 1000 cases. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155(1):82-91.
38. Loulmet DF, Ranganath NK, Neuburger PJ, et al. Can Complex Mitral Valve Repair Be Performed With Robotics? An Institution's Experience Utilizing a Dedicated Team Approach in 500 patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2019;56(3):470-478.
39. Williams ML, Hwang B, Huang L, et al. Robotic versus conventional sternotomy mitral valve surgery: a systematic review and meta-analysis. *Ann Cardiothorac Surg.* 2022;11(5):490-503.
40. Hassanabad AF, Nagese FNI, Basha AM, et al. A systematic review and meta-analysis of robot-assisted mitral valve repair. *Innovations.* 2022;17(6):471-481.
41. Williams ML, Eranki A, Mamo A, et al. Systematic review and meta-analysis of mid-term survival, reoperation, and recurrent mitral regurgitation for robotic-assisted mitral valve repair. *Ann Cardiothorac Surg.* 2022;11(6):553-563.
42. Navarra E, Mastrobuoni S, De Kerchove L, et al. Robotic mitral valve repair: a European single-centre experience. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2017;25(1):62-67.
43. Kesävuori R, Raivio P, Jokinen JJ, et al. Early experience with robotic mitral valve repair with intra-aortic occlusion. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155(4):1463-1471.
44. Cerny S, Oosterlinck W, Onan B, et al. Robotic Cardiac Surgery in Europe: Status 2020. *Front Cardiovasc Med.* 2022 Jan 20;8:827515. doi: 10.3389/fcvm.2021.827515.