

„State of art“ robotické chirurgie

doc. MUDr. Lenka Veverková, Ph.D., prof. MUDr. Ivan Čapov, CSc.,
MUDr. Petr Vlček, Ph.D., MUDr. Jan Doležel, Ph.D.
I. chirurgická klinika LF MU a FN u sv. Anny v Brně

V předloženém článku je zpracovaná historie a detailní technický popis robotického systému da Vinci. Popsány jsou výhody i nevýhody robotických operací. Je podán přehled o indikacích a počtu robotických operacích v ČR od první operace v roce 2005 až dosud. Celkem bylo provedeno 3 086 robotických operací od 1. 10. 2005 do 19. 3. 2010 v celé České republice. Autoři popisují i osobní zkušenosti z čtyřleté praxe dobře fungujícího Centra robotické chirurgie.

Klíčová slova: robotická chirurgie.

“State of art” of robotic surgery

The following article outlines the history and technical parametres of the Da Vinci robotic system. It explains the advantages as well as disadvantages of the system. The indication and number of robotic operations conducted in the Czech Republic are also included and that since the first operation in 2005 till now. Between 1 October 2005 and 19 March 2010 there were 3,086 such operations conducted in CR. The authors also discuss their 4-year experience of working with the system.

Key word: robotic surgery.

Endoskopie 2010; 19(1): 17–20

Chirurgie pochází z řeckého slova cheir – ru-
ka a ergon – pracovat. Ve středověku jsou řazeni
chirurgové mezi pouhé řemeslníky, po boku
lazebníků a bradýřů (holičů). Chirurgie se jako
medicínský obor na univerzitách nepřednáší.
Přesto se chirurgie rozvíjí, aniž je jakkoliv gradu-
ována. Empirické stadium a znalosti anatomie
v renesanční době posunuly vývoj chirurgie, ale
až na počátku 18. století je chirurgie uznána jako
vědní obor, začíná se přednášet na univerzitách.
V 19. století chirurgové získali vysoké postavení
a v průběhu 20. století dochází k rozvoji chirur-
gických specializací s využitím nových techno-
logií, např. laparoskopické chirurgie (1). Využití
laparoskopické techniky a snaha ovládat tyto
operační nástroje namísto rukou chirurga pomo-
cí manipulátoru – stála u vzniku nového odvětví
chirurgie – robotická chirurgie.

Robot je samostatně pracující stroj, vykoná-
vající určené úkoly. Jméno poprvé použil český
spisovatel Karel Čapek v divadelní hře R. U. R.
Slovo robot vymyslel však jeho bratr, Josef
Čapek. Je jedním ze dvou českých slov, které
byly přejaty do mnoha světových jazyků.

Vývoj robotických systémů pro chirurgii začal
zhruba od poloviny 80. let – tehdy šlo o projekty
amerického úřadu pro vesmír a kosmonautiku
NASA, který přišel s konceptem telechirurgie.
Cílem bylo zajištění řešení urgentních stavů
kosmonautů při meziplanetárních letech, a to
právě pomocí dálkově ovládaných robotických
systémů. Přibližně ve stejné době měla americká
armáda podobnou představu o léčebných zása-
dách na vojácích zraněných v průběhu válečných

a bojových operací. Na konci devadesátých let
jsou vyvíjené systémy postupně uvolňovány
do civilního sektoru, a tak vzniká nový obor ro-
botické chirurgie, který bude mít v budoucnu
velký význam v léčbě pomocí miniinvazivních
metod. Minimálně invazivní robotika spojuje
odbornou práci chirurga s moderními techno-
logiemi – mikromechanikou, trojrozměrnou
vizualizací a počítačovým řízením (2).

První robotická operace byla provedena
v USA 1. 1. 1999 v téže roce i v Evropě. Po-
prvé v České republice byl použit robotický
systém k operaci – 31. 10. 2005 v Praze v Ne-
mocnici Na Homolce a v Brně 3. 5. 2006 ve FN
u sv. Anny.

Robotických systémů bylo vyvinuto něko-
lik, v klinické praxi se nejlépe osvědčil a rozšířil
mikromechanický počítačový systém – robot
da Vinci firmy Intuitive Surgical (3). Z literárního
přehledu je t. č. ve světě instalovaných 1 395
robotických systémů da Vinci a v roce 2009
bylo vykonáno 205 000 robotických operací.
V naší republice je v současné době v provozu

9 robotických systémů a od roku 2005 bylo
do 19. 3. 2010 provedeno 3 086 robotických
operací.

Popis systému

Systém da Vinci® je určen k ovládání endo-
skopických nástrojů během torakoskopických
a laparoskopických výkonů v chirurgii. Je navržen
k použití v prostředí operačních sálů.

Mikromechanický operační počítačový sys-
tém da Vinci se skládá z chirurgické ovládací kon-
zoly s integrovanou obrazovou částí umožňující
prostorový výhled a zařazení u pacienta se čtyřmi
robotickými rameny.

Systém da Vinci umožňuje instrumentál-
ní pohyby pod přímou, časově reálnou kon-
trolou. Systém da Vinci používá kinematické
struktury umožňující použití otevřených chir-
urgických technik. Tyto otevřené chirurgic-
ké techniky jsou okamžitě na chirurgickém poli
konvertovatelné na minimálně invazivní chi-
rurgické techniky. Při použití systému da Vinci
chirurg vhodně využívá přístupu cestou malých

Tabulka 1. Robotické výkony v ČR 2005 – 19. 3. 2010

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	celkem
chirurgie	11	157	146	147	146	28	635
urologie	6	142	306	517	799	207	1 977
gynekologie	5	49	49	25	53	17	198
cévní chirurgie	6	54	52	36	43	13	204
kardiochirurgie	0	0	36	10	11	2	59
ORL	0	0	0	3	8	2	13
celkem	28	402	589	738	1 060	269	3 086

incizí, aniž se vzdává obratnosti, přesnosti a instinktivních technik otevřené chirurgie.

Elektronika systému da Vinci umožňuje použití rozsahu pohybů rukou chirurga. Měřením rozsahu pohybů redukuje pohyby rukou na odpovídající menší hrot instrumentu v operačním poli. Různé nastavení umožňuje optimalizaci převodu pro různé klinické aplikace. Přirozený třes rukou chirurga je zredukován, což podporuje stabilní a předvídatelné ovládání instrumentů.

Instrumenty mají celkově šest stupňů volnosti plus uchopení, o dva více než tradiční endoskopické instrumenty. Volnost pohybu čelistí napodobuje směrem nahoru/dolu a stranově flexibilitu lidské ruky. Toto kloubové řešení zvyšuje možnosti operátora miniinvasivní chirurgie na novou úroveň.

Chirurg sedí při provozu za konzolou. Konzola je lokalizovaná mimo sterilní operační pole. Vysoko rozlišovací 3D displej je integrován v konzole a zobrazován pomocí stereo prohlížeče.

Dva nezávislé optické kanály spojené na katodovou trubici (CRT) monitoru zobrazují skutečnou formou 3D obrazu chirurgické pole. Systém da Vinci předává vzkazy o stavu pomocí textu a ikon přes stereo prohlížeč. Trojrozměrný obraz operačního pole je s vysokým rozlišením zobrazován stereoskopickým systémem integrovaným v konzole.

Chirurg drží držadlo hlavních ovladačů a ovládá chirurgické instrumenty a endoskopickou kameru, které jsou připevněny na ramena chirurgického vozíku. Rozsah pohybu hlavních ovladačů umožňuje plné, přirozené pohyby rukou chirurga. Hlavní ovladače umožňují přesné převedení těchto pohybů na chirurgická ramena.

Operující chirurg ovládá rozhodující funkce systému da Vinci pomocí tlačítek a nožních spínačů. Hlavní vypínač, pohotovostní zastavení, pohotovostní režim a další využívaná tlačítka jsou lokalizována na loketní opěrce a tak jsou vždy dostupná.

Chirurgický vozík se skládá ze sloupce a základny, ke které jsou připevněny kamera a ramena instrumentů. Vozík je kabelově propojen s chirurgickou konzolou. Jakmile chirurg pohne hlavním ovladačem, ramena na chirurgickém vozíku reagují na pohyby chirurga. Každý vozík obsahuje jedno kamerové rameno, na které je připevněna kamera a dále dvě nebo tři instrumentální ramena, která podporují plný rozsah nástrojů nabízených výrobcem. Náš systém má ramena 4 – jedno kamerové a 3 instrumentální.

Zobrazovací rameno je vybaveno dvěma tříčipovými kamerami, které vytvářejí stereoskopický pohled na operační prostor.

Další ramena nesou mikrochirurgické nástroje, kterými se operuje. Na konci těchto ramen jsou pohyblivé klouby, tzv. endoskopická zápěstí. Nástroje umožňují širokou škálu úkonů – stříhání, řezání, stavění krvácení, šití a další (4). Nástroje mají i vlastní paměť, takže při dosažení určitého počtu zákroků se automaticky pomocí čipu zablokuje.

Přesný pohyb nástrojů je zajištěn pohony s krokovými motory a lankovým převodem.

Díky mechanickému zápěstí „endowrist“ mají nástroje vysokou pohyblivost, kterou lze srovnat s lidskou rukou.

Robotická chirurgie převyšuje laparoskopický přístup. Přes složitost technického zázemí je křivka učení nepochybně kratší. Nepoměrně se zlepšuje možnost preparace tkání využitím 3D optiky a systémem endoskopického zápěstí.

Výhody robotické chirurgie

1. zvyšuje zručnost operátora a preciznost
2. zamezuje třesu chirurgovy ruky, nežádoucím pohybům
3. zlepšuje obraz – 3D, hloubka operačního pole
4. zlepšení pohyblivosti nástrojů – 7 stupňů volnosti pohybu
5. upravuje koordinaci

Nevýhody robotické chirurgie

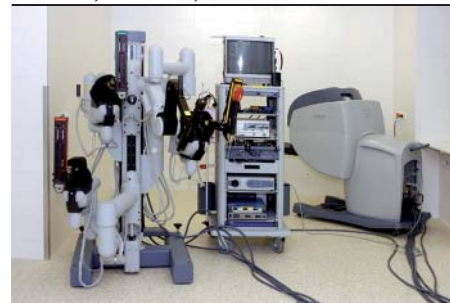
1. vysoké pořizovací náklady
2. delší operační doba
3. nemožnost zpětné kontroly vjemů
4. prostorové nároky

Přes veškerá pozitiva je nutné si i uvědomit určitá negativa robotického systému, kde hlavním limitem širšího využití se zatím jeví vyšší pořizovací náklady.

Princip robotické operace

Robotická operace prováděná pomocí systému da Vinci usnadňuje provedení laparoskopického zásahu. Významnou odlišností je možnost precizního manévrování nástroji, které umožňují větší rozsah pohybů a dosah do míst, kde již klasickou laparoskopií nelze použít. Přesný pohyb ruky operátora je přenášen na stejný pohyb nástroje v operačním poli. Operačními přístupy jsou malé incize (do 10 mm), přes které je zaveden optický systém a robotická ramena s nástroji. Nástroje jsou pomocí převodů a pohonů připojeny k počítačem řízenému mecha-

Obrázek 1. Robotický systém da Vinci. Mikro-mechanický operační systém da Vinci se skládá z ovládací konzoly s integrovanou obrazovou částí a čtyř robotických ramen



Obrázek 2. Ovládací konzola



Obrázek 3. Chirurg během operace sedí u řídicí konzoly



Obrázek 4. Ramena systému da Vinci jsou sterilně pokryta a připravena k zasunutí nástrojů



nizmu, který je ovládán operátorem. Chirurg v průběhu celé operace sedí u řídicí a ovládací konzoly. Optický systém zprostředkovává obraz s vysokou hloubkou rozlišení, zachovává prostorový 3D vjem a umožňuje výrazné zvětšení (až 15x). Pokud chirurg odhlédne z okuláru konzoly, nástroje se automaticky zastaví. Pohyb rukou operátora se přenáší z ovládací konzoly přes robotické rameno na nástroje v operačním poli. Všechny pohyby rukou a prstů chirurga jsou

Obrázek 5. Zobrazovací rameno je vybaveno dvěma tříčipovými kamerami, které vytvářejí stereoskopický pohled na operační prostor



Obrázek 6. Detail z operace – dokonalá vizualizace a 3D obraz až s 15x zvětšením



zpracovány a interpretovány počítačem tak, aby zpřesnily a zabezpečily bezpečný pohyb chirurgických nástrojů v těle pacienta. To vše přispívá k eliminaci pooperačních rizik.

Velice důležitá pro práci s robotickým systémem je poloha pacienta na operačním stole. Jelikož se ramena s trokary fixně spojí, nelze tuto polohu během operace měnit.

Poloha pacienta se provádí podle typu operace:

- gynekologická poloha – kolorektální chirurgie, urologie, gynekologie
- poloha na boku – hrudní chirurgie
- poloha na zádech s podloženým bokem – cévní chirurgie
- poloha na zádech s obdukcí dolních končetin – bariatrická chirurgie, chirurgie jícnu

Při každém polohování pacienta je nutné na operačním stole využít dostupné antidekubitární podložky.

Výhody použití robotického systému da Vinci jsou na straně pacienta i chirurga. Lékař nemusí vykonávat často velmi časově náročný

výkon fyzicky sám a je osvobozen od negativních jevů, jako je stres, třes rukou a únava. Na druhé straně pacientům zákrok způsobí menší trauma organismu, menší ztrátu krve, menší jizvy, minimální riziko infekce a v neposlední řadě i zkrácení hospitalizace, rychlejší uzdravení a návrat do běžného života.

Operace je sice dražší než klasický výkon, avšak výsledný efekt je evidentní. Zkrácení doby hospitalizace (až o 2/3) a minimalizace komplikací pak přináší i významný pozitivní ekonomický efekt.

Klinické zkušenosti

V Brně se provádějí operace v Centru robotické chirurgie ve Fakultní nemocnici u sv. Anny. Toto vzniklo výnosem Ministerstva zdravotnictví České republiky ze dne 19. července 2006, jako jedno ze dvou pilotních pracovišť. Centrum robotické chirurgie řeší problematiku břišní a hrudní chirurgie, cévní chirurgie, urologie a gynekologie. Počty jednotlivých operací se zvyšují a operační časy se zkracují.

Hlavní využití robotického systému v kolorektální chirurgii vidíme zejména v oblasti pánevního dna – omezením manipulačního prostoru se jedná o oblast do určité míry analogickou s původním využitím v oblasti hrudníku. Významným přínosem se jeví již zmíněná přesnost při preparaci – TME s protekcí sakrálních nervů, přesná disekce při vysokém podvazu a preparaci v oblasti vasa mesenterica interiéru, při extenzivních výkonech, jako například rekonstruktivní proktokolektomie s J pouchem, robotický výkon synchronizujeme s laparoskopii (5).

Z našich výsledků je patrná kratší doba hospitalizace, menší procento konverzí, nižší počet komplikací ve srovnání s laparotomickými i laparoskopickými výkony. Rovněž funkční výsledky poruch dynamiky dna pánevního vyznávají pro robotické výkony.

Časné pooperační výsledky jsou i z funkčního hlediska příznivé. Výsledky tak korelují s výsledky prezentovanými ve světové literatuře (6).

Robotický systém v hrudní chirurgii je určen pro nejnáročnější výkony: anatomické plicní resekce (segmentektomie, lobektomie, bilobektomie, pneumonektomie) s mediastinální lymfadenektomií, thymektomie, resekce jícnu operace v oblasti jícnového hiátu.

Robotická plicní lobektomie je výkonem s dosud nejvyšší náročností na přehled operátora v anatomicky obtížném prostoru plicního hilu, techniku preparace, podvazy a šití.

Náročnější je jen bronchoplastická lobektomie.

Indikačními kritérii pro robotickou operaci v hrudní chirurgii jsou: velikost nádoru či infiltrátu (T1–2), pohyblivost nádorem postiženého orgánu vůči okolí (7, 8). Robotická plicní lobektomie je indikována pro periferně uložené tumory do velikosti 4 cm. Jedná se o výkony zcela unikátní, které se na jiném pracovišti robotické chirurgie v ČR neprovádějí. V našem Centru robotické chirurgie jsou prováděny dolní lobektomie vlevo i vpravo včetně mediastinální lymfadenektomie. Fundoplikace, sleeve gastrectomie a bandáže žaludku jsou dalšími výkony, které jsou v našem centru běžně roboticky prováděny.

Vhodnost roboticky asistovaných laparoskopických cévních výkonů byla již jednoznačně a dostatečně potvrzena. Robotické systémy v cévní chirurgii odbourávají zásadní nedostatky cévní laparoskopie, které byly dosud překážkou jejímu většímu rozvoji. Robotický systém zvyšuje přesnost při šití cévní anastomózy – eliminuje třes rukou a umožňuje téměř dokonalý pohyb nástrojů všemi směry, navíc vše v dokonalém 3D obrazu. Menší rozsah preparace v aorto-ilicím řečišti zároveň snižuje riziko infekce protézy. Výkony provázejí menší krevní ztráty, menší pooperační bolesti, kratší pobyt na JIP, celkové zkrácení doby hospitalizace. Neméně významné je snížení rizika pooperačních adhezí, rychlejší nástup peristaltiky střev, snížení incidence incizionálních hernií a celkově menší perioperační i pooperační morbidita. Pro pacienty přináší vyšší komfort a umožňuje jim časnější návrat do normálního života.

Hlavní náplní urologického programu jsou operace – robotické radikální prostatektomie pro karcinom prostaty, ale i robotické operace na ledvinách a horních močových cestách. Nemocní mají menší pooperační bolesti a mnohem rychleji tolerují dietní zátěž normální stravou, což umožňuje mnohem rychlejší propuštění do domácího ošetření. Průměrná doba hospitalizace pro robotickou radikální prostatektomii byla 5 dnů, což zkrátilo dobu hospitalizace oproti otevřenému výkonu více než o polovinu. Mnohem rychlejší byl také návrat k pohybové aktivitě a fyzické zátěži.

Závěr

Zavedení robotické technologie je přelomem v chirurgických technikách. V současné době se navíc stále vyvíjejí nové chirurgické nástroje, které se miniaturizují a zvyšuje se jejich pohyblivost. V blízké budoucnosti lze očekávat i jejich propojení s navigačními systémy. To zna-

mená, že operační nástroje budou automaticky navigovány na místa, kde jich je zapotřebí. Tyto systémy jsou schopny nahradit přímý kontakt rukou chirurga s orgány pacienta, nikdy však nenahradí jeho znalosti a zkušenosti.

Literatura

1. Wullstein C, Golling M, Bechstein WO. Telerobotics in laparoscopic general surgery. *Eur Surg* 2004; 36/4: 233–238.
2. Giulianotti PC, Coratti A, Angelini M, et al. Robotics in general surgery: personal experience in a large community hospital. *Arch Surg* 2003; 138: 777–784.
3. Corcione F, Esposito C, Cuccurullo D, et al. Advantages and limits of robot-assisted laparoscopic surgery: preliminary experience. *Surg Endosc* 2005; 19: 117–119.
4. Ballantyne GH. Robotic surgery, telerobotic surgery, telepresence, and telemonitoring. Review of early clinical results. *Surg Endosc* 2002; 16: 1389–1402.
5. 8. Hanly EJ, Talamini MA. Robotic abdominal surgery. *Am J Surg* 2004; 188: 19S–26S.
6. Ayav A, Brasler L, Hubert J, Brunaud L, Boissel P. Robotic-assisted pelvic organ prolapse surgery. *Surg Endosc* 2005; 19(9): 1200–1203.
7. Melfi FM, Menconi GF, Mariani AM, Angeletti CA. Early experience with robotic technology for thoracoscopic surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002; 21: 864–868.
8. Fardid Gharagozloo, Farzad Najan, Robotic Surgery, 2009.

doc. MUDr. Lenka Veverková, Ph.D.

I. chirurgická klinika LF MU a FN u sv. Anny v Brně
Pekařská 53, 656 91 Brno
lenka.veverkova@fnusa.cz
