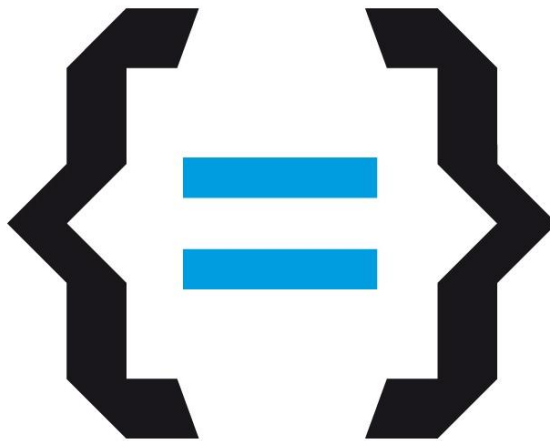


UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ
FAKULTA INFORMATIKY A MANAGEMENTU
KATEDRA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ



ROBOTICKÁ CHIRURGIE V ČESKÉ REPUBLICĚ
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Jan KOSTŘIBA
Studijní program: B6209 Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: 3463-6209T015 Informační management
Vedoucí práce: Ing. Karel MLS, Ph.D.

Hradec Králové, 2015

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 14. srpna 2015

.....
Bc. Jan Kostřiba



Na tomto místě bych rád poděkoval svému školiteli Ing. Karlu Mlsovi, Ph.D., za cenné rady, podporu a motivaci během vypracování této diplomové práce.

Anotace

Cílem diplomové práce *Robotická chirurgie v České republice* je popis oboru laparoskopické a robotické chirurgie a jejich výhod oproti klasické otevřené chirurgii. Dále pak popis v současnosti nejpoužívanějšího chirurgického robotického systému da Vinci (dV). Rešerši dostupné české i zahraniční literatury doplňuje praktická část, ve které je na základě strukturovaného dotazníkového šetření adresovaného odpovědným pracovníkům center robotické chirurgie popsán vývoj a současný stav robotické chirurgie v ČR a jeho srovnání se zahraničím. V práci je srovnána také dynamika růstu počtu robotických center v ČR a zahraničí a počet robotických výkonů v jednotlivých chirurgických oborech. Od roku 1999 již výrobce dV (společnost Intuitive Surgical) uvedl na trh okolo 3 500 systémů dV. V ČR se operace pomocí dV provádějí od roku 2005 v celkem sedmi centrech. Od roku 2009 počet center nenarůstá, stagnuje i počet robotických výkonů. V současnosti na jednoho robota dV připadá v ČR okolo 1,5 mil. obyvatel, což je v porovnání se zahraničím (zvláště pak zeměmi EU) spíše horší výsledek. Vinou je nedostatečná úhrada ze systému zdravotního pojištění a vysoké pořizovací ceny, servis a náhradní díly. V oborech, které dV v ČR nejčastěji používají, zcela dominuje urologie. Ze zákroků pak prostatektomie.

Annotation

Title: Robotic Surgery in the Czech Republic

The aim of this Diploma Thesis is the description of the field of laparoscopic and robotic surgery and its advantages over traditional open surgery. Then the description of the currently most widely used surgical robotic system da Vinci (dV). Literature search of available Czech and foreign literary sources is complemented with practical part, which is based on a structured questionnaire addressed to the responsible staff in each robotic surgery centers. It describes the development and current state of robotic surgery in the Czech Republic and its comparison with other countries. In the Thesis is also compared the dynamics of growth in number of robotic centers in the Czech Republic and abroad, and the number of dV performances in different surgical branches. Since 1999, the manufacturer (Intuitive Surgical company) has already launched around 3,500 systems. The dV operations are carried out in the Czech Republic since 2005 and at seven centers. Since 2009, the number of centers hasn't been increased. The number of robotic performance has stagnated also since 2009. At present, the number of Czech citizens per one dV is 1,5 million. It is not good result in comparison with other, especially EU, countries. The problem is in insufficient reimbursement from the public health insurance system and the high purchase prices, service and replacement parts. The most frequent branch using dV is urology, the most common surgical intervention is prostatectomy.

Obsah

Anotace	4
Annotation	5
Obsah	6
1 Úvod	9
2 Cíl práce	11
3 Teoretická část	12
3.1 Miniinvazivní chirurgie.....	12
3.1.1 <i>Výhody miniinvazivních metod</i>	14
3.1.2 <i>Nevýhody, zvláštnosti a komplikace miniinvazivních metod</i>	15
3.2 Roboti a robotika.....	17
3.3 Robotika v chirurgii	18
3.3.1 <i>Pasivní a aktivní robotické systémy</i>	20
3.3.2 <i>Vlastnosti a parametry chirurgického robota</i>	26
3.4 Robotický systém da Vinci	30
3.4.1 <i>Zastoupení v České republice</i>	30
3.4.2 <i>Popis systému da Vinci</i>	31
3.4.3 <i>Vývoj systému da Vinci</i>	37
4 Praktická část	41
4.1 Metodika sběru a analýzy dat.....	41
4.2 Analýza dat a výsledky	44
5 Závěr	51
6 Seznam literatury	52
7 Seznam zkratek	59

8	Slovník lékařských pojmů	61
9	Seznamy tabulek, grafů a obrázků	65
9.1	Seznam tabulek	65
9.2	Seznam grafů.....	66
9.3	Seznam obrázků	67
10	Přílohy	68
Příloha 1	Zadání práce	i

1 Úvod

Robotická chirurgie (angl. *robotic surgery, computer-assisted surgery, robotically-assisted surgery*) využívá robotických systémů při provádění chirurgických zákroků. Byla vyvinuta s cílem překonat limitace miniinvazivní chirurgie a ke zvýšení schopností a možností lékařů provádějících chirurgické operace.

V klasické chirurgii operátor nástroje ovládá vždy přímo. V případě roboticky asistované miniinvazivní chirurgie lékař využívá jednu ze dvou metod pro ovládání chirurgických nástrojů. První možností prostřednictvím telemanipulátoru, druhou pomocí počítačového řízení.

Telemanipulátor ovládá pomocí převodového systému vzdálenější části nástrojů. Chirurg ovládá velmi citlivé joysticky či páčky, které díky své vysoké citlivosti kopírují jeho pohyby. Operátor pohybuje prsty tak, jako by skutečně operoval klasickou metodou. Přirozeně a intuitivně pohybuje rukama a simuluje tak pohyby, které by dělal i v případě, kdyby se nacházel v bezprostřední blízkosti preparované tkáně.^[1, 2, 3]

U počítačem řízených systémů chirurg používá počítač k ovládání robotické paže a jeho koncových efektorů. I tyto systémy však mohou využít telemanipulátorů jako svůj vstupní zdroj informací. Velikou výhodou v tomto případě může být absence lékaře v místě operace. On i pacient se tak mohou nacházet na různých místech na světě, což umožňuje provádět operace na dálku bez nutnosti přemístování. Své uplatnění tyto technologie nacházejí nejen při běžných operacích, ale také např. při vojenských a kosmických misích a jiných komplikovaných situacích.^[1, 2, 3]

První chirurgické roboty tak vyvíjela pro své účely hlavně armáda, jejich použití se však zanedlouho rozšířilo i do komerčního prostoru. Zatímco v zahraničí se první chirurgický robot dnešního typu poprvé na trhu objevil už v roce 1999, v České republice jsme si na první robotickou operaci počkali až do roku 2005. Rychle jsme však v počtu těchto specializovaných pracovišť ostatní země dohnali a přepočteno na počet obyvatel připadajících na jednoho robota dokonce předehnali. V současnosti ve světě operuje již čtvrtá tisícovka operačních robotů, v ČR je v současnosti instalováno celkem sedm těchto systémů.^[1, 2, 3, 4, 5]

Vzhledem k relativně krátkému období, kdy je robotická chirurgie využívána, a k rychlému a dynamickému vývoji v této oblasti, je celkové povědomí o aktuálním stavu a její problematice jak v řadách laické veřejnosti, tak mezi odborníky, stále nedostatečné.

Robotická chirurgie patří mezi nejmodernější a špičkovou péči umožňující provádět náročné operace miniinvazivní chirurgickou technikou s precizní preparací tkání a je určena i pro nejnáročnější chirurgické výkony.

Chceme-li plně využít tuto slibnou moderní technologii k chirurgickým intervencím a nadále pokračovat v odpovídajících inovacích, je nezbytná dostatečná komunikace a vzájemná spolupráce mezi chirurgy, inženýry, investory, plátcí zdravotní péče, ekonomy a manažery v celém systému zdravotnictví.^[4]

Výhody použití dV jsou zřejmé jak na straně pacienta, tak i chirurga. Lékař nemusí vykonávat často velmi časově náročný výkon fyzicky sám a je osvobozený od různých negativních jevů (třes rukou, únava atd.). Na druhé straně pacientovi, který se podrobí takovéto operaci, zákrok způsobí menší traumata organismu, menší krevní ztráty, menší pooperační jizvy, minimalizuje riziko infekce, a v neposlední řadě i zkrátí celou hospitalizaci, protože zrychluje uzdravení a návrat do běžného života.

Samotná operace je sice finančně nákladnější než klasický výkon otevřenou chirurgií, avšak výsledný efekt je často nevyčísitelný. Zkrácení doby hospitalizace a minimalizace komplikací přináší i významný vedlejší pozitivní ekonomický efekt, ať již v podobě snížených nákladů na léky či na pobyt ve zdravotnickém zařízení.

Česká republika nyní, i přes rychlý rozvoj robotických technologií v minulém desetiletí, v dalších investicích do této oblasti v porovnání s většinou vyspělých zemí zaostává. Doufejme, že se výsledný pozitivní medicínský i ekonomický efekt robotické chirurgie projeví v dalších etapách národní zdravotnické politiky výrazněji.

2 Cíl práce

Cílem této práce je popis oboru laparoskopické a robotické chirurgie a jejich výhod oproti klasické otevřené chirurgii, popis v současnosti nepoužívanějšího chirurgického robotického systému da Vinci.

Rešerši dostupné literatury doplní praktická část, ve které bude na základě strukturovaného dotazníkového šetření adresovaného odpovědným pracovníkům center robotické chirurgie popsán vývoj a současný stav robotické chirurgie v ČR a jeho porovnání se zahraničím.

3 Teoretická část

3.1 Miniinvazivní chirurgie^[3, 6, 7, 8, 9]

Miniinvazivní chirurgie je multidisciplinární obor, pro který je nutná nejen znalost operátora v oblasti klasické otevřené chirurgie, ale také aplikované poznatky z lékařských oborů anatomie, fyziologie, biochemie, histologie a dalších, jejichž postupný rozvoj spolu s vývojem technických determinant zaznamenal svou největší dynamiku ve druhé polovině 20. století.

Důležité byly poznatky, znalosti a zkušenosti z rozsáhlých přístupů do tělních dutin a dokonalejší poznání vnitřních orgánů a také celá řada nových objevů z techniky a optiky, jako např. přenášení světla a obrazu, projekce na obrazovku, čipové kamery a další.

Miniinvazivní chirurgie proto jako nastupující nový obor zásadně změnila techniku přístupu a celou metodiku a postupy různých typů operačních zákroků. Jako první začaly tento způsob operování využívat ty chirurgické obory, které kladou důraz na velmi dobrou taktilní citlivost lékaře; všeobecní chirurgové vstoupili do celého procesu později. Doteky chirurgových prstů nejsou přímé jako v případě klasické chirurgie, ale přes soustavu nástrojů, a tím je celková taktilita modifikována a vyžaduje značnou zručnost a zkušenost.

A právě široké uplatňování miniinvazivních technik ve všeobecné chirurgii teprve znamenal její rychlý a obrovský rozmach. Vzhledem k řadě výhod a celkovým úsporám vznikly snahy o používání těchto technik pro stále rostoucí počet operačních zákroků. Vznikla tak snaha, podmíněná šetrností zákroku, zavést tuto operační techniku v co největším počtu indikací. Již řadu let je tak miniinvazivní technikou chirurgie schopna provádět nejrůznější zákroky s řadou výhod pro lékaře, pacienta i celý zdravotnický systém. V **Tabulce 1** je výčet nejčastějších indikací.

K nejfrekventovanějším miniinvazivním zákrokům patří cholecystektomie^[10] (poprvé ve Francii 1987, v ČR 1991) a apendektomie (poprvé v Německu 1981, v ČR 1991).^[11, 12]

Klasické chirurgické postupy prováděné ve své současné podobě často již více než 100 let jsou postupně miniinvazivními technikami vytlačovány.

V dutině hrudní se miniinvazivních metod nejčastěji využívá při resekce plic a jejich částí (tzv. pneumonektomie), horní hrudní sympatektomii, vagotomii, myotomii jícnového svěrače, pleurodézou, perikardektomie a dalších.^[1, 2, 3]

V cévní chirurgii se v poslední době objevují zprávy o miniinvazivních operacích na artériích, podvazech žilních spojek prováděných miniinvazivní technikou a další.^[1, 2, 3]

V neurochirurgii se s miniinvazivními zákroky začínalo již v 70. letech při stereotaxii.

V radiologii bylo poměrně brzy započato s angioplastikou, v ortopedii způsobily artroskopie obrovský nárůst minioperačních zákroků především v oblasti kolene.^[1, 2, 3]

Tabulka 1 Nejčastější miniinvazivní chirurgické zákroky

adrenalektomie	choledochotomie	resekce abdominální části rekta
antirefluxní operace žaludku	inguinální herniotomie	resekce jaterních metastáz a cyst
apendektomie	intraluminální operace tumoru rekta	resekce ovaria
diagnostické laparoskopie u jinak nevyšetřitelných případů	krvácení v dutinách	resekce střev
enterostomie	lymfadenektomie	rozrušení abdominálních adhezí
gastrostomie	nefrektomie	splenektomie
gynekologické sterilizace	operace mimoděložního těhotenství	sutura brániční kýly
hemikolektomie	operace na abdominální části jícnu	sutura perforovaného vředu žaludku
hysterektomie	operace varikokély	UZV vyšetření v tělních kavitách
cholecystektomie	ošetření traumat dutých i solidních orgánů	vagotomie

Indikační škála miniinvazivních operačních zákroků se stále rozšiřuje společně se zdokonalováním operačních technik. Využívají se tak ke stále složitějším zákrokům, u kterých se využívá možnosti snižování rizik spojených s možnými operačními a pooperačními komplikacemi.^[13]

Dle postupně získávaných praktických zkušeností se stanovují jednotlivé algoritmy a podrobná schémata, podle kterých se klasifikuje každý jednotlivý operační výkon s ohledem na jeho celkový charakter.

S postupným zvyšováním zručnosti operujících lékařů dochází k dosažení velmi uspokojivých výsledků i v tak obtížných a náročných případech, pro které donedávna toto řešení nepřipadalo v úvahu. Miniinvazivní výkon provedený šetrnějším způsobem oproti klasické chirurgii dává pacientovi vyšší pravděpodobnost na dobré zhojení a celkově zlepšuje perspektivu i s ohledem na kvalitu jeho dalšího života.^[13]

3.1.1 Výhody miniinvazivních metod

Základní výhodou miniinvazivních metod je minimální traumatizace tkání nacházejících se v přístupových cestách vedoucích k operovanému orgánu. Ve výrazné míře tak dochází ke snížení pooperační bolestivosti i celkového počtu pooperačních komplikací. Výsledkem snížené bolestivosti jsou i menší obavy pacientů z daného operačního zákroku a to se pozitivně projevuje také na celkově lepší imunitní odezvě organismu. Imunosuprese zaviněná operačním traumatem je tak u operovaných výrazně méně závažná.

Výhody miniinvazivních metod:^[3, 14]

- lepší vizualizace operačního pole
- výrazné snížení pooperační bolesti (redukce následné analgetické léčby)
- výrazně menší krevní ztráty
- redukce pooperačních komplikací (infekce či rozštělení rány nebo kýly v jizvě)
- velmi rychlý návrat motility zažívacích orgánů v dutině břišní
- možnost velmi brzkého podávání tekutin a případně stravy per os
- rychlejší rekonvalescence
- kratší hospitalizace
- rychlejší návrat do domácího ošetřování a k běžným aktivitám
- → nižší nepřímé náklady

Miniinvazivní metody umožňují provádět také diagnostická UZV vyšetření pomocí specifických sond. Zvláštní význam těchto metod se projevila zejména při diagnostice některých obtížně diagnostikovatelných chorob a tam, kde intraluminální sonografie tvoří zásadní diagnostický postup pro indikaci náročných operačních výkonů.

Výhody nových postupů využívajících miniinvazivní metody se svými nespornými přednostmi jsou chirurgy uznávány a stále větší počet se jich do využívání těchto postupů aktivně zapojuje. Kromě chirurgů se pak pro stanovení správné diagnózy nebo zvolení správného terapeutického postupu těmito metodami stále častěji zabývají také internisté, gynekologové a gastroenterologové.^[13]

3.1.2 Nevýhody, zvláštnosti a komplikace miniinvazivních metod

Vedle řady výhod oproti klasickým chirurgickým metodám mají ty miniinvazivní bohužel také několik nevýhod, se kterými je třeba počítat, předcházet rizikům s nimi spojenými a uvědomit si řadu rozdílů a zvláštností, pro které jsou tyto postupy jedinečné a specifické.

Nevýhody miniinvazivních metod:^[3, 14]

- operatérovi chybí palpační vjem ruky (omezená taktilní citlivost)
- jiný pohled na anatomii dutiny břišní (nutná zkušenost)
- delší operační čas
- vyšší požadavky na přístrojovou techniku
- → vyšší přímé náklady

Zvláštnosti miniinvazivních metod:^[3, 14]

- práce operátora je omezena vzdáleností danou délkou operačního nástroje
- lékař se v operačním prostoru orientuje pouze pohledem na obrazovku
- přenos optickou soustavou zkresluje velikosti a vzdálenosti
- mnohé specifikace kladou důraz na důkladnou přípravu pod odborným vedením
- ideální je procvičování novým operátorů na modelech imitující skutečné tělo
- nezbytná je praxe speciální mechaniky pohybů, intenzity tlaku na tkáň a speciální způsoby uzlení a šití

Setkat se můžeme také s řadou více či méně závažných komplikací, které mohou zákrok i následnou léčbu ztížit i prodloužit. Komplikace miniinvazivních výkonů jsou tím závažnější, čím snadněji mohou být přehlédnuté.

Komplikace obecně dělíme na anesteziologické, mechanické a insuflační.

Mezi nejzávažnější komplikace laparoskopických výkonů patří:^[3, 6, 14]

- pneumotorax
- poranění solidních či dutých orgánů trokarem
- poranění aorty Veressovou jehlou
- poranění velkých cév trokarem
- masivní krvácení a hemoragický šok; u masivních krvácení z aorty, velkých cév, sleziny, vena portae apod. nelze předpokládat laparoskopické ošetření a co nejdříve je nutné provést změnu postupu
- tvorba abscesů a píštělí
- sekrece z nedokonalého uzavření orgánů
- plicní embolie
- infekce operačních ran
- flebotrombóza
- sesmeknutí svorek

Další možné komplikace vyplývají z nutnosti expanze dutiny břišní pomocí oxidu uhličitého (kapnoperitonea) jsou následující:^[3, 6, 14]

- srdeční arytmie
- bradykardie
- vysoký stav bránice

Mezi katastrofální komplikace miniinvazivního výkonu patří:^[3, 6, 14]

- srdeční zástava
- silné krvácení
- významná hypotenze
- plynová embolie

Každou vzniklou závažnou komplikaci je bezpodmínečně nutné řešit přechodem na využití metod klasické otevřené chirurgie, kdy je nutno operovanou dutinu otevřít a za řádného přehledu případného poškození ošetřit. Operatér tak nemůže být zkušený pouze v miniinvazivních technikách, ale mít stále dokonalou znalost klasické otevřené techniky operovaného orgánu a být připraven okamžitě v případě potřeby nastalou komplikaci neprodleně řešit.

S významným rozvojem miniinvazivní chirurgie během 80. let 20. století a využívání jejich výhod spolu s vývojem zobrazovací techniky připravil prostor pro vstup robotické chirurgie do běžné lékařské praxe s využitím všech jejich benefitů.^[15, 16]

Vývoj robotické chirurgie je mnohými autory determinován právě rozvojem v oblasti miniinvazivní chirurgie.^[17, 18]

3.2 Roboti a robotika

Do světového povědomí uvedl v život slovo „robot“ dramatik Karel Čapek (1890–1938), který jej poprvé použil ve své satirické hře R.U.R. (Rossum's Universal Robots). Hra vyvolala pobouření a byla vnímána jako varování.^[19] Jak ovšem později sám spisovatel uvedl v Lidových novinách 24. prosince 1933^[20], skutečným autorem tohoto slova byl jeho bratr Josef. Karel původně navrhoval termín pro své románové umělé dělníky „Lamboři“ (angl. *labor* – práce), což mu ovšem připadalo, jak sám uvádí, příliš papírové. Jako základ nového slova Josefa nakonec napadl jiný ekvivalent slova práce a navrhl, aby se dělníci ve hře nazývali „Roboti“ (od českého slova „robota“, což je práce, kterou dříve museli konat poddaní na statku feudální vrchnosti).^[21]

Robotem se dnes rozumí složitý stroj (ne jen vzhledem podobný postavě umělého člověka) konající rozmanitou práci a některé lidské činnosti.^[22] Čapkovo slovo pak popularizovala řada děl sci-fi žánru^[23], od klasických povídek Issaca Asimova (např. Já, robot)^[24], až po nákladná zpracování televizního a filmového průmyslu.

Role robotů ve společnosti vedla k mnoha zkoumaným otázkám a obavám, a Asimova vedla k sepsání tří základních zákonů robotiky:^[24, 25, 26]

- Robot nesmí ublížit člověku nebo svou nečinností dopustit, aby mu bylo ublíženo.
- Robot musí uposlechnout příkazů člověka, kromě případů, kdy tyto příkazy jsou v rozporu s prvním zákonem.
- Robot musí sám sebe chránit před zničením, kromě případů, kdy tato ochrana je v rozporu s prvním nebo druhým zákonem.

Tato pravidla nadále zůstávají jako etický rámec pro minulý i současný vývoj robotů a také jejich uplatnění v chirurgii.

Přes literární a filmovou karikaturu robota jej můžeme vědecky definovat takto: Robot je programovatelné, počítačem řízené mechanické zařízení vybaveno senzory, kterými

vnímá své okolí a přijímá signály, a aktory, kterými na ně reaguje. V současné době je situace v oblasti umělé inteligence taková, že většina robotů má buď omezenou míru autonomie, nebo je odsunuta vykonávat vysoce strukturovanou činnost s nízkým rizikem.^[27]

Zpět ale k historii. Za otce reálného robota je považován George Charles Devol, který byl za svého života držitelem více než 40 patentů. Ve 40. letech 20. století vyvinul první programovatelné průmyslové manipulátory. Další vývoj robotiky byl determinován rozvojem výpočetní techniky, a tak v roce 1954 Devol patentoval první manipulátor se záznamovou pamětí, což je považováno za skutečný počátek moderního robotického věku. Jeho robot byl schopen postupovat krok po kroku definovaného algoritmu a byl tak předchůdce zařízení používaných v průmyslu dodnes.^[28]

V roce 1961 pak Joseph F. Engelberger založil společnost Unimation a začal s komerční výrobou průmyslových robotů. Prvním odběratelem byla společnost General Motors, následována společnostmi Chrysler, Ford a Fiat, které velké investice do nákupu robotů vnímaly jako nezbytné.^[28]

Vývoj robotů byl motivován častou potřebou manipulace s nebezpečnými předměty (výbušné, jedovaté či radioaktivní látky). Vzhledem ke komplikovanosti a komplexnosti úkolů, na které dosavadní technologie nestačily, byla tato zařízení kontrolována a manipulována lidmi. Stále vyspělejší zobrazovací technika umožňovala lidem na dálku vidět a cítit (a také zpětně ovládat) vše tak, jako při běžné práci bez manipulátorů. Vše s cílem usnadnit plnění složitých úkolů z dostatečně bezpečné vzdálenosti.^[29]

Postupem času se roboti začali používat pro různorodé činnosti ve všech průmyslových odvětvích, v zemědělství, ve vesmíru, vojenství, oceánografii, a v posledních letech stále významněji také v chirurgii.^[15]

3.3 Robotika v chirurgii

Od původního Čapkova významu slova robot, který byl samostatným pracujícím strojem (*automatem*) vykonávajícím některou lidskou činnost, se robotické systémy v medicíně mírně odchyly a lépe je můžeme popsat jako *autonomní manipulátory*.^[22]

Se stálým rozvojem minimální invazivní chirurgie (MIS) na konci 80. let 20. století již chirurgové nejsou fyzicky schopni umístit své ruce v těle pacienta tak, aby mohli mnohé MIS operace provést. MIS využívá toho, že chirurgické nástroje a pozorovací zařízení

jsou vloženy do těla pacienta přes malé otvory. Tím dochází k menšímu traumatu operovaného pacienta, k menším ztrátám krve a rychlejšímu pooperačnímu zotavení.^[30, 31]

Chirurgičtí roboti tak vykonávají část lidské činnosti, práce operatéra, ale kromě výhod mají i řadu nevýhod, které jsou shrnuty v **Tabulce 2** a která srovnává silné a slabé stránky robotů v porovnání s chirurgy lidskými.^[32, 33]

Tabulka 2 Výhody a nevýhody lidských a robotických schopností^[15, 34, 35, 36]

	Chirurg	Robot
Výhody	všestrannost	opakovatelnost
	rozhodování dle zkušeností	stálost a přesnost
	3D koordinace	odolnost vůči ionizujícímu záření
	přesnost v řádech mm a cm	rozmanitost senzorů
	četnost senzorů s koordinovanou fúzí dat	optimalizace pro konkrétní prostředí
	rychlý přenos informací	řízení více úkolů současně
Nevýhody	třes	vysoké náklady
	únava	těžkopádnost, náročnost
	nepřesnost	velikost
	variabilita dovedností, věku, schopností a nálady	nevšestrannost
	neschopnost snadného zpracování kvantitativních dat	neschopnost bezchybného zpracování kvalitativních dat, 2D koordinace
	neschopnost rozlišování při menším měřítku než 1 mm	zatím stále se rozvíjející technologie

I přes řadu omezení jsou roboti na operačním sále velmi užiteční. Úlohu chirurgických robotů pak lze více vnímat jako rozšíření a posílení lidských schopností než nahrazení lidí a lidské činnosti – na rozdíl od příkladu průmyslové automatizace.^[34]

Roboticky asistovaná chirurgie (angl. *robot-assisted surgery*), jako relativně nový obor, přirozeně spadá do kategorie počítačově podporované chirurgie (angl. *computer-aided surgery*). Celá oblast počítačově podporované chirurgie není dosud konkrétně definována a je třeba rozlišovat jednotlivé podobory a jejich rozdíly spočívající v používání odlišných zařízení a systémů. Robotika v chirurgii tak může být vnímána na několika úrovních. Např. magnetická rezonance (MRI) či počítačová tomografie (CT), které jsou často využívány chirurgy v průběhu operace, mohou být rovněž označeny za roboticky asistované systémy a tedy dalším příkladem aplikace robotiky v chirurgii.^[37, 38]

3.3.1 Pasivní a aktivní robotické systémy

Během mnoha desítek let vývoje široké škály robotů a robotických systémů používaných v chirurgii se objevilo několik přístupů v jejich taxonomii.^[35] Jako nejužitečnější se jeví klasifikace založená na roli, kterou robot zaujímá a souvisí jak s vývojem, tak koncovým uživatelem. Taková taxonomie pak může být prostředkem komunikace mezi všemi zainteresovanými skupinami, protože popisuje potřeby, požadavky, výkon a specifikace.

Podle této taxonomie můžeme roboty rozdělit podle jejich role na:^[35]

- **Pasivní:** role robota je omezena v rozsahu jeho činnosti nebo jeho účast nese převážně nízké riziko; často není v přímém kontaktu s pacientem.
- **Omezené:** robot je zodpovědný za více invazivní úkoly s vyšším rizikem; je ale stále omezen v podstatné části postupů.
- **Aktivní:** robot je úzce zapojen do řízení a pracovní činnosti a nese značnou odpovědnost a vysoké riziko; kontakt s pacientem je velmi intenzivní.

Podle této klasifikace by se mohlo zdát, že roboti se stále aktivnější úlohou jsou jistým způsobem lepší. To ovšem není pravda s ohledem na současná omezení v oblasti umělé inteligence. Například robot s aktivní rolí, který zajišťoval vysoce rizikové úlohy, vyžadoval přílišnou lidskou interakci, řízení a dohled, což vedlo ke zvýšení zátěže na chirurga. Opačně pak vysoce autonomní a pasivní robot může provádět pouze úkoly, které jsou buď úzké ve svém rozsahu, nebo nesou pouze nízké riziko. Je tak důležité uvědomit si nutný kompromis stávajících systémů.

Následující krátký výčet řadí jednotlivé systémy od zcela pasivních, přes omezené až po zcela aktivní (v nepřímé úměře pak klesá míra jejich autonomie):^[15, 39]

- **CT scanner**

Počítačová (výpočetní) tomografie je již od 70. let 20. století používaná a známá zobrazovací metoda, při které je pacient prozářen z nejrůznějších úhlů v jedné rovině slabou dávkou rentgenového záření a pomocí několika set projekcí jsou výkonným počítačem na základě velké soustavy rovnic zrekonstruovány plošné řezy tělem pacienta. Jedná se o příklad pasivního systému, jehož činnost je přesně naprogramována, omezena na konkrétní činnost a nevyžadující téměř žádnou aktivní účast člověka a nijak nepřicházející do přímého kontaktu s pacientem.

Robotická složka CT je zcela autonomní a jediná interakce s pacientem souvisí jen s malou dávkou záření.



Obrázek 1 CT scanner^[40]

- **CyberKnife**

CyberKnife je robotický radiochirurgický systém používaný k radiační léčbě benigních i maligních nádorů a dalších zdravotních potíží. Byl vyvinut společností Accuray ze Sunnyvale v Kalifornii (USA). CyberKnife je během procesu ozařování a manipulace s lineárním urychlovačem zcela autonomní. Postup léčby však začíná předzákrokovým CT vyšetřením nádoru, na základě kterého je počítačem vygenerovaná cesta pečlivě přezkoumána a případně upravena chirurgem nebo radiologem, což autonomii celého systému snižuje.^[41]



Obrázek 2 CyberKnife^[15]

- **AESOP**

Společnost Computer Motion sídlící v kalifornské Goletě v USA začala nabízet svůj „automatický endoskopický systém pro optimální umístění“ v USA v roce 1994, jako prvního chirurgického robota schváleného americkým kontrolním úřadem FDA (ke schválení došlo v prosinci 1993).^[41] Jedná se o hlasem ovládaného robota pro správné umístění endoskopu.^[27] AESOP má významnou autonomii, řídí sám svůj pohyb pomocí jednoduchých hlasových příkazů. Jeho úloha není pasivní, během celého procesu je v neustálém kontaktu s tkání pacienta. Jeho činnost a možnosti jsou ale omezené, používá se totiž pouze pro zobrazování a nezahrnuje žádné invazivní manipulace a celkově nese velmi nízké riziko.

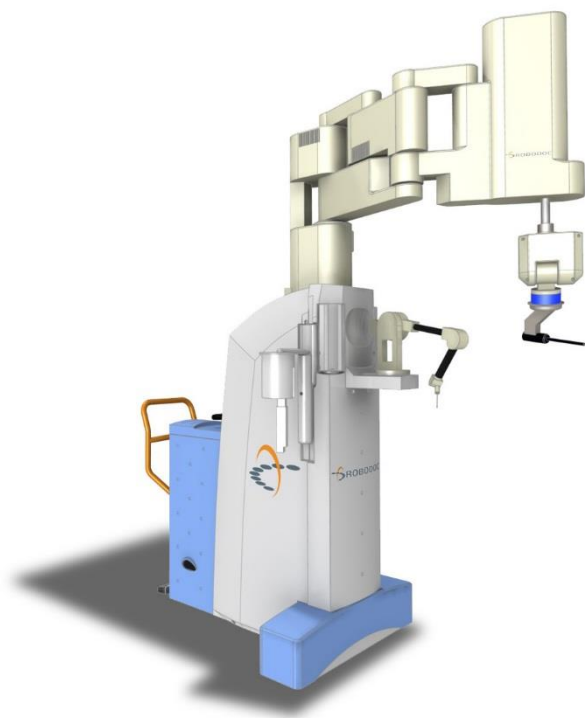


Obrázek 3 AESOP^[42]

- **RoboDoc**

Ortopedie byla jedním z prvních chirurgických oborů, ve kterém robotické systémy slavily úspěch. A to díky předvídatelnému a plánovanému chování kostí a jejich tvrdosti a odolnosti. Společnost Curexo Technology Corporation z Fremontu v Kalifornii vyvinula RoboDoc, který se používá pro frézování kostí při totální endoprotéze kyčelního kloubu.^[41] Chirurg před operací dle CT snímků vybere ideální implantát a jeho finální umístění. Systém pak generuje přesné dráhy

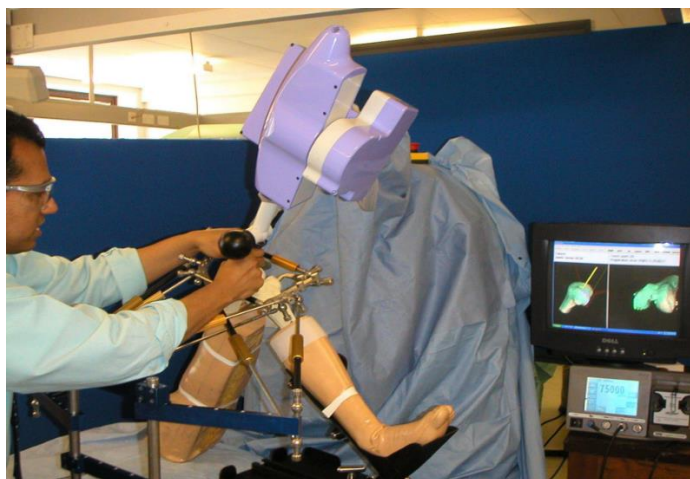
řezu tak, aby je mohl provést samostatně. Úkolem chirurga je předoperační zadání výsledků CT vyšetření do systému a jejich synchronizace s polohou skutečného pacienta. Frézování a vrtání kostí je sice velmi invazivní a riziková činnost, je ale pouze jednou částí komplexního, složitého a dlouhého procesu totální endoprotézy kyčelního kloubu, a proto je role robota stále považována za omezenou. Předoperační nastavení a manuální proces synchronizace totiž snižuje úroveň jeho autonomie.^[35]



Obrázek 4 RoboDoc^[43]

- **Acrobot**

Acrobot (akronym pro *Active Constraint Robot*) je aktivní robotický systém s omezením společnosti Acrobot Company, Londýn, VB. Byl vyvinut pro technicky náročnou totální endoprotézu kolenního kloubu.^[41] Slouží k vrtání a řezání kosti pomocí motoru a je omezen ve svém pohybu v oblasti definované dle předoperačních snímků CT.^[37] Tento přístup umožňuje chirurgovi cítit bezprostředně sílu vrtání (řezání) a zajišťuje, aby některé oblasti byly před vrtákem chráněny. Míra autonomie robota je tak omezena a jeho role je podobná systému RoboDoc. Protože se ale používají malé motory a chirurg robota ovládá přímo, celý systém je mnohem bezpečnější a řadíme jej mezi aktivní.^[44]



Obrázek 5 Acrobot^[15]

- **NeuroMate**

Robotický systém NeuroMate kalifornské společnosti Integrated Surgical Systems (USA) se dnes s úspěchem používá ve stereotaktické neurochirurgii.^[41] Stereotaktická technika umožňuje operace na hlubokých mozkových strukturách s minimálním poškozením tkání v přístupové cestě. Jedná se o další ze systémů, který před výkonem potřebuje ruční zadání anatomických orientačních bodů do systému (chirurgem pomocí CT snímků). Úkolem NeuroMate systému je tak určit vhodné umístění pro vložení vrtáku, sondy nebo elektrody na základě předoperačních snímků. Systém pak umístí instrumenty na správné místo pro vsunutí, a dále slouží chirurgovi jako pomocník při provedení zákroku. Nástroje jsou sice do operačního pole zaváděny aktivně chirurgem, robotický systém však tento pohyb výrazně omezuje. Úroveň autonomie tohoto systému je na střední úrovni.^[45]



Obrázek 6 NeuroMate^[46]

- **ZEUS**

Systemem ZEUS společnost Computer Motion pokračovala ve vývoji svého původního systému AESOP. System ZEUS je méně autonomní a více aktivní. Kromě jednoho ramena, které v sobě skrývá systém AESOP, totiž disponuje dalšími dvěma rameny, které napodobují pohyby chirurga pro přesnější řezy. ZEUS byl FDA schválen o sedm let později než AESOP, v roce 2001. Již ale v roce 2003 byl jeho vývoj přerušen. Společnost Computer Motion byla koupena svým rivalem, společností Intuitive Surgical, která místo systému ZEUS pokračuje ve vývoji svého vlastního projektu, chirurgického systému da Vinci.^[41]



Obrázek 7 Chirurgický robotický systém ZEUS^[47]

- **Da Vinci**

Robotický systém da Vinci (dV) byl původně vyvinut pro americkou NASA a měl sloužit k nutným chirurgickým zákrokům kosmonautů, vojáků v ponorkách a letadlových lodích apod. V současnosti dV svým zastoupením na chirurgických pracovištích v celé robotické chirurgii jednoznačně dominuje, a proto se někdy roboticky asistovaná chirurgie nazývá přímo podle něj, tedy „da Vinci chirurgie“. Pojmenování po Leonardu da Vinci, všestranné renesanční osobnosti, bylo zvoleno proto, že právě on se jako první ve svých konstrukčních úvahách zabýval přístroji usnadňujícím člověku práci nebo ji nahrazující, a také pro jeho anatomické znalosti, přesnost a trojrozměrné detaily v jeho pracích.^[5]

První robotický operační systém da Vinci byl nainstalován a poprvé použit v roce 1999 v německém Lipsku a v současnosti je již ve světě okolo 3 500 operačních

robotů. Jako národní i mezinárodní školicí centrum pro robotickou chirurgii slouží v ČR Centrum robotické chirurgie Nemocnice Na Homolce, která byla spolu s Ústřední vojenskou nemocnicí Praha průkopníkem chirurgické robotiky u nás a první operace zde byla provedena v roce 2005.^[48, 50]



Obrázek 8 Chirurgický robotický systém da Vinci^[51]

- **ruční nástroje**

Tradiční chirurgické nástroje nejsou skutečnými roboty, nemají žádnou autonomii, a slouží pouze jako příklad k doplnění logického vývoje. Chirurg má úplnou kontrolu nad nástroji, které mohou být použity pro většinu úkolů. Ruční chirurgické nástroje se používají ve vysoce aktivní roli téměř ve všech chirurgických zákrocích.

3.3.2 Vlastnosti a parametry chirurgického robota^[15]

Pokud srovnáme nákup chirurgického robota s jinými zdravotnickými zařízeními, je rozhodování v případě robota značně komplikovanější. Dostupnost informací je omezena a ani výrobci často neposkytují relevantní údaje, které by se daly vzájemně srovnávat a vyhodnocovat. Informace o specifikaci robota dle požadavků nakupujícího zdravotnického zařízení se získávají velmi nelehce a charakteristiky a výkonosti robotů tak není možné optimálně vyhodnocovat. Klíčovou úlohou investora (nakupujícího) je mít dostatečně dobré znalosti ke kladení správných otázek během komunikace s výrobcem robota

a zároveň mít smysluplné požadavky kladené na pořízení této nové technologie tak, aby celý proces inovace byl pro budoucí činnost pracoviště co nejefektivnější. Existují totiž vlastnosti, které mohou být pro potřebnou oblast budoucího využití žádoucí, ale také naopak může použití robota práci zkomplikovat, zhoršit, vystavit většímu riziku anebo dokonce znemožnit. Mezi tyto důležité vlastnosti, které je třeba hodnotit, patří: stupně volnosti, pracovní prostor a rozlišení (přesnost a velikost pohybů), setrvačnost a stabilita, rychlost, síla, její koordinace a pozice v prostoru.

- **Stupně volnosti**

Stupně volnosti (angl. *degrees of freedom*, DoF) patří k nejdůležitějším charakteristikám chirurgického robota. Definují počet nezávislých pohybů, kterých je robot schopen. Tato charakteristika souvisí s celkovým počtem kloubních spojení robotické paže na cestě mezi ovladačem a aktivním koncem ramena. DoF jsou obvykle rovny počtu motorů používaných pro pohon robotické paže (robotického systému). Podle hodnoty stupňů volnosti lze odhadnout, jak obratná bude práce s popisovaným přístrojem. Např. robot se šesti stupni volnosti umožňuje manipulaci ve směru os x, y a z, dále pak rotaci a dva druhy ohýbání konce nástroje. Naopak robot s pouze třemi stupni volnosti umožní pouze pohyby v osách x, y a z, tedy bez možnosti rotaci či dodatečného ohybu. Práce na systému s nižší hodnotou DoF je tak méně intuitivní a pro chirurga je nutné každý svůj krok lépe promyslet. V tomto případě může nastat situace, kdy limitace některých pohybů neumožní přístup k některým anatomickým strukturám a pohyb v operačním poli bude značně omezen.^[15]

- **Pracovní prostor**

Pracovní prostor je další z důležitých charakteristik robota, která popisuje tzv. pracovní rádius nástrojů, tedy lze jej volně definovat jako veškerý prostor, kterého může koncový efektor dosáhnout. Jako příklad pracovního prostoru o velikosti 1 m³ si lze představit krychli o hraně 1 m, v jejímž středu by se nacházel daný robot s tímto parametrem a ten by byl schopen dostat se právě do všech prostor dané krychle.

Pracovní prostor je parametr, který je tedy limitován délkou nástrojů a ramen robota, ale také celkovou konstitucí pacienta (individuální rozdíly jednotlivých pacientů jsou zřejmé) či postavením jeho kloubů. K omezení pracovního prostoru také může dojít při nevhodném umístění vstupních trokarů.

- **Rozlišení (přesnost)**

Rozlišení se týká pracovního prostoru a definuje nejmenší změnu pohybu, kterou může robot operačním nástrojem provést nebo senzory zaznamenat. Detekující senzory bývají často přesnější nežli pracovní část operačního nástroje a parametr přesnosti tak může být pro obě činnosti rozdílný.

Parametr rozlišení se nejčastěji uvádí v jednotkách délky. Např. při cholecystektomii je vyžadováno pouze 2mm rozlišení a nemusela by tedy být vyžadována přesnost právě menší než 2 mm.

- **Setrvačnost a stabilita**

Setrvačnost a stabilita jsou charakteristiky související s použitým konstrukčním materiálem. Setrvačnost robota je dána jeho velikostí a hustotou materiálu a tedy jeho celkovou hmotností. Vyšší setrvačnost pak způsobuje celkově pomalejší pohyby robota. Vyšší hmotnost omezuje rychlé změny pohybu a je obtížné pohyb celé konstrukce lehce a rychle zrychlit nebo zpomalit. Eliminace tohoto omezení lze docílit použitím silnějších a výkonnějších motorů, což negativně ovlivní pořizovací cenu systému. Vyšší setrvačnost souvisí také s bezpečností při používání robota, protože s vyšší hmotností a tedy setrvačností souvisí také celkově vyšší kinetická energie systému, což vede k vyššímu riziku a nebezpečí úrazu v případě kolize.

S použitým materiálem, jeho vlastnostmi a celkovým prostorovým uspořádáním systému (jeho geometrií) souvisí také celková stabilita robota. Lepší ovladatelnost a přesnost je u robotů se stabilnější konstrukcí, která tak odolává vnějším tlakům a rychlým změnám pohybu. Minimalizují se negativní dopady různých otřesů a náhodných a nechtěných pohybů způsobených neúmyslným nárazem.

- **Rychlost a síla**

Každý robot má převodový systém, který převádí sílu z motorů na koncové efekty (pracovní části, ramena). Převodovým systémem můžeme docílit toho, že padesát otáček motoru způsobí pouze jeden malý pohyb koncového ramene s důsledkem násobného zvýšení jeho síly. Kompromisní volba rychlosti a síly může být problematickou k dosažení optimálních výsledků. Vytvoření potřebného rychlého a zároveň silného pohybu tak může být velice obtížnou a nákladnou záležitostí.

- **Dynamický rozsah**

Poměr mezi nejvyššími a nejnižšími hodnotami působící síly robotické paže je známý jako dynamický rozsah. Např. při ortopedických operacích je potřeba velké síly při vrtání kostí a zároveň velmi jemného pohybu při utahování jemných stehů. Velikým problémem je tak zkonstruovat systém s alespoň podobným dynamickým rozsahem, jaký má člověk.

- **Zpětný odpor**

Další vlastností, která souvisí s rychlostí a silou je zpětný odpor systému, parametru zvláště potřebného při přerušení dodávky energie k robotické paži, kdy je potřebné manuální odtažení robotické paže pro potřebnou změnu její polohy. Tuhost a robustnost převodového systému může tyto potřebné pohyby velmi zkomplikovat.

Rovněž se jedná o parametr, který slouží k představě síly, kterou je potřebné vynaložit, když chce chirurg překonat sílu končícího pohybu, zastavit jej nebo zvrátit jiným směrem. Pro představu se pak nachází ve stejné situaci, jako člověk tlačící auto, ve kterém je ještě zařazen první rychlostní stupeň.

- **Koordinace síly a polohy**

Během koordinace polohy a síly se robot snaží sledovat požadovanou dráhu v prostoru a zároveň vyvíjet potřebnou (a adekvátní) sílu. Tato vzájemná koordinace je velmi potřebná. Např. během ortopedických operací se robot při vrtání kostí pohybuje po jejich povrchu a je nutné řídit sílu pro plynulý pohyb během řezání, což souvisí s informací a dobrou analýzou polohy, ve které se vzájemně s kostí nachází. Robot tak zajišťuje, aby rameno udržovalo během vrtání stálou pozici a zároveň bylo vrtání plynulé. To způsobí co nejpodobnější simulaci chování a koordinace síly a polohy lidského chirurga.

Dalším příkladem může být postup při použití skalpelu, kdy chirurg opatrně přiloží skalpel na dané místo a provede řez potřebné hloubky – jedná se tedy o kontrolu pozice v prostoru. V okamžiku, kdy se chirurg dostane do větší hloubky a je nucen vynaložit větší sílu na překonání vyššího odporu tkáně, rozhodne se pro změnu, jelikož hrozí poškození neznámé tkáně. Robotický systém tak musí analyzovat všechny tyto vztahy a umožnit tak práci podobnou té lidské.

3.4 Robotický systém da Vinci

Robotický systém da Vinci je v současnosti celosvětově dominujícím systémem miniin- vazivních výkonů v měkkých tkáních břicha a hrudníku. Jeho výrobcem je americká společnost Intuitive Surgical. Společnost založena teprve v roce 1995 navázala na vý- sledky výzkumu různých vojenských projektů v USA. Zcela první instalace robota da Vinci v nevojenské (civilní) nemocnici byla provedena v roce 1999.^[52]

Nejčastěji se dV využívá v **urologii** při operacích prostaty a ledvin, ve **všeobecné chi- rurgii** při operacích žaludku, slinivky břišní a konečníku, v **gynekologii** při operacích dělohy, v **ORL** při operacích kořene jazyka, v **hrudní chirurgii** při operacích plic a také v **kardiochirurgii** a **cévní chirurgii** (srdeční chlopně, výdutě aorty, by-passy).^[1, 2, 3]

3.4.1 Zastoupení v České republice

V současné době je na území ČR využíváno celkem sedm robotických systémů dV v ná- sledujících nemocnicích:

- Nemocnice na Homolce, Praha^[48, 49]
- Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice Praha^[50]
- Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně^[53]
- Nemocnice Svaté Zdislavy Mostiště^[54]
- Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem^[55]
- Nemocnice s poliklinikou Nový Jičín^[56]
- Fakultní nemocnice Olomouc^[57]

Nemocnice na Homolce využívala v minulosti po nějakou dobu dva robotické systémy (jeden byl zakoupen a jeden pronajatý). První byl umístěn na centrálním (multioborovém) robotickém sále a druhý na sále kardiochirurgickém. Nyní už disponuje pouze prvním z nich.^[48, 58]

Dva systémy také byly v Masarykově nemocnici v Ústí nad Labem, kde jeden systém byl využíván multioborově a druhý byl umístěn ve školícím centru. Tyto dva starší modely s jednou konzolí byly vyměněny za jeden modernější systém se dvěma konzolemi.^[55]

Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně rovněž disponuje jedním systémem. Ten je však podle posledních informací od roku 2013 pro poruchu mimo provoz a management ne- mocnice nechce v dohledné době do opravy investovat.^[53]

V porovnání s jinými zeměmi je počet dV pro ČR podobný jako v zahraničí. Největší překážkou v plošném rozšíření robotických technik je stále složitá finanční dostupnost celého systému, která se pohybuje okolo 55 mil. Kč. Nicméně podle současných světových trendů (principů EBM) se nejedná o nepřekonatelnou bariéru a regulační orgány (MZ, SÚKL) se stávající sítí snaží optimalizovat a efektivně využívat. Tomu musí odpovídat i úhradová politika plátců, tedy zdravotních pojišťoven, vycházející z předpisů VZP platných pro komplexní systém úhrad v celé ČR.^[59, 60]

Strategickým partnerem amerického výrobce Intuitive Surgical pro ČR, SR, Maďarsko, Slovinsko, Rusko a další země východní a střední Evropy byla dříve společnost Hospimed, nyní má již společnost Intuitive Surgical vlastní zastoupení s obchodními zástupci pro jednotlivé regiony. Pro celou Evropu je jednotně zastoupení ve městě Aubonne ve Švýcarsku.^[61]

3.4.2 Popis systému da Vinci

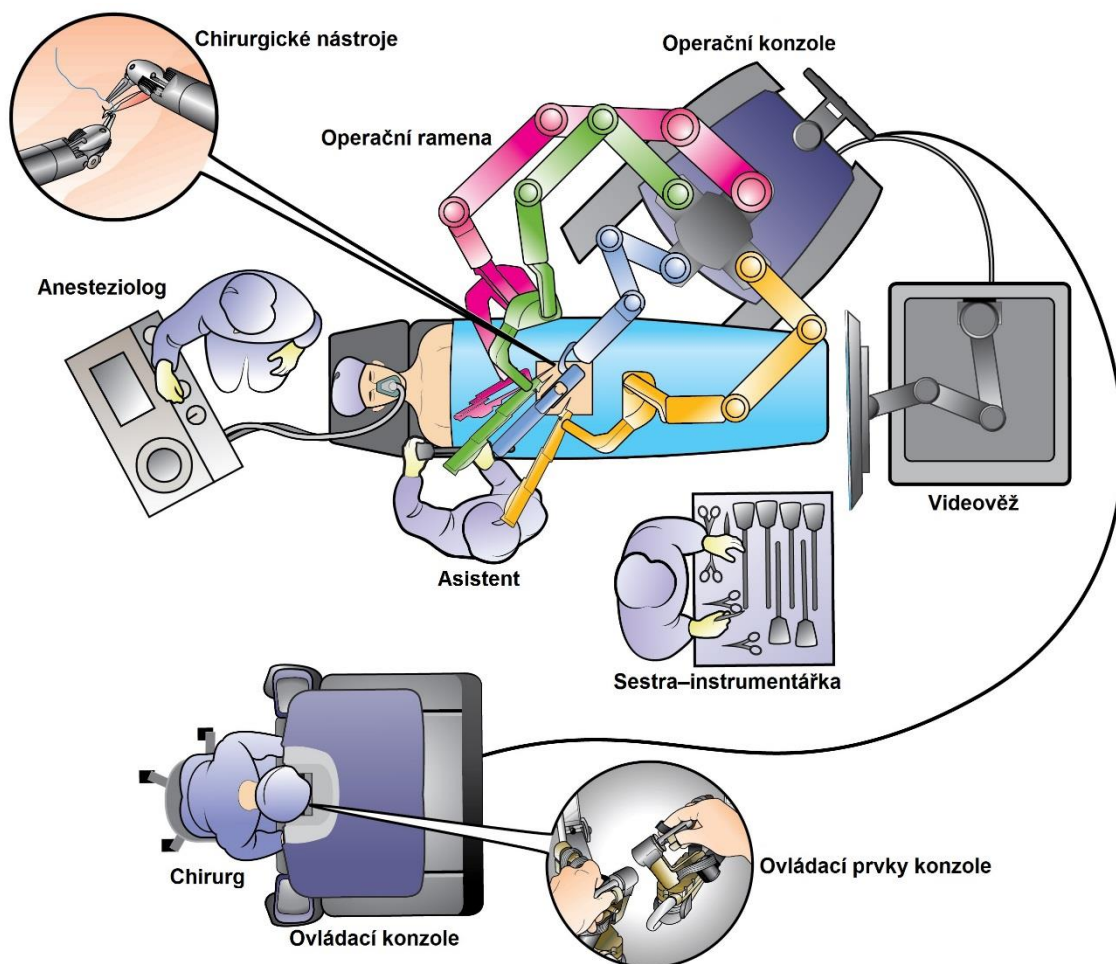
Systém dV je víceramenný laparoskopický operační systém, který napodobuje pohyby lidských rukou chirurga v těle pacienta. Dvě (novější systémy tři) ramena ovládají chirurgické nástroje a jedno rameno pohybuje kamerou. Operatér pohodlně sedí u ovládací konzoly a operační pole sleduje pomocí monitoru s velkým rozlišením. Pomocí citlivých joysticků ovládá pohyb a činnost chirurgických nástrojů tak, jako by operaci prováděl přímo svými rukama. Pro vpravení chirurgických nástrojů do těla pacienta stačí pouze malé otvory (vpichy), což značně tento systém zvyhodňuje oproti klasickým postupům.^[62]

Během dV operace chirurg sedí u ovládací konzole, u které přímo ovládá pohyb a činnost nástrojů, které jsou součástí operační konzole a pomocí převodového systému se pohybují přímo v operačním poli. Operatér je vybaven stereoskopickým vizuálním zobrazovacím 3D HD zařízením a spolu s haptickým rozhraním, pomocí kterého vnímá pohyby nástrojů uvnitř těla pacienta, má nad celou operací kontrolu.

Spolu s operátorem a pacientem je na operačním sále přítomen také anesteziolog a asistenti, kteří aktivně nastavují a kontrolují ramena operační konzole a zabezpečují další úlohy během samotného výkonu a pohybují se kolem pacienta. Tým doplňuje zdravotní sestra (instrumentárka), která připravuje a podává sterilní nástroje. Přítomen může být

také další lékař sedící u druhé ovládací konzole (je-li v systému přítomna), a to buď za účelem asistence při operaci, nebo z výukových důvodů.

Schéma ukázkového operačního sálu znázorňuje **Obrázek 9**.



Obrázek 9 Schéma operačního sálu při výkonu dV operace^[63]

Základní součásti robotického systému dV:^[62, 64, 65]

Ovládací konzole (angl. Surgeon Console)

Pomocí ovládací konzole provádí svou práci operatér, který svými rukama ovládá převážně pomocí joysticků, táhel a pedálů veškeré chirurgické instrumenty uvnitř těla pacienta, které přesně přenášejí pohyby rukou chirurga na operační ramena se speciálními

koncovými nástroji. Nožní pedály ovládají koagulační nástroje, spojku (přepínání pracovních ramen), ovládání a ostření kamery a ovladač záznamového zařízení.^[48, 62, 64]

Operaci chirurg sleduje pomocí zobrazovacího zařízení, které mu podává reálné 3D prostorové zobrazení operačního pole v HD. To umožňuje zcela intuitivní ovládání, zejména určení polohy nástrojů uvnitř těla pacienta (trojrozměrnost umožňuje rozlišit hloubku).

System umožňuje také speciální nastavení a korekce, z nichž k nejžádanějším a nejdůležitějším patří škálovatelnost pohybu rukou vůči pohybu nástrojů a tou se docílí potřebné citlivosti a jemnosti.

Na ovládací konzole se provádí také úvodní uživatelská nastavení před zahájením operačního výkonu, např. kalibrace kamer, výběr správné laparoskopické optiky či druh zobrazení.^[62, 64]



Obrázek 10 Ovládací konzole (vlevo model Si, vpravo Xi)^[63]

Operační konzole (angl. Patient Cart)

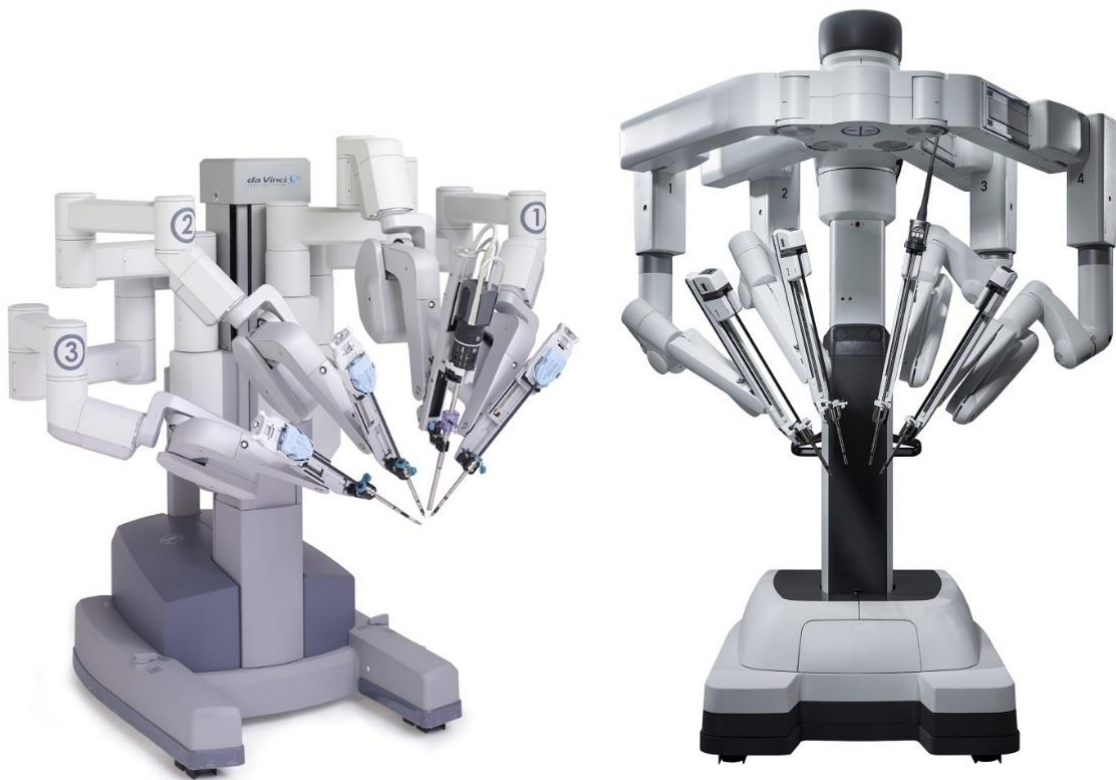
Operační konzole (multimotorický víceramenný systém) se nachází v blízkosti místa, kde během operace leží pacient. Konzole přichází do přímého styku s jeho tělem. Z tohoto důvodu je během celé operace pokryta speciálním sterilním obalem.^[48, 54, 62]

Systém dV vyžaduje, aby každý operační manévř byl pod přímou kontrolou operujícího chirurga. Pravidelné a důsledné kontroly bezpečnosti zabrání nebo eliminují případné samostatné a nekontrolované pohyby robotického ramena, která jsou vždy nežádoucí.^[64]

Dle použitého modelu a nastavené konfigurace obsahuje operační konzole dvě nebo tři pracovní nástrojová ramena a jedno rameno kamerové. Robotická ramena se pohybují kolem pevných otočných bodů (pivotů).^[64]

Ramena provádějí dva druhy pohybů:

- **Motorické** pohyby, které jsou přímo ovládány operujícím chirurgem pomocí ovládací konzole, mají vliv na práci chirurgických nástrojů uvnitř těla pacienta (ovládají koncovky nástrojů).
- **Brzděné** pohyby, které ovládá asistující personál, slouží ke správné konfiguraci celého systému (manipulaci ramen atd.) před zahájením operace.^[62, 64]



Obrázek 11 Operační konzole (vlevo model Si, vpravo Xi)^[63]

Jedno z prostředních ramen ovládá kameru a speciální stereoskopický endoskop. Optický válec má průměr 12 mm a obsahuje dva menší o průměru 5 mm, samostatně připojené ke kameře. Nově je endoskop k dispozici také v menším provedení a kromě 12mm varianty

lze zvolit pro specifické případy menší 8,5mm. Systém dále obsahuje až čtyři světlovodné vodiče, které umožňují osvětlení operačního pole. Signál z každé kamery je veden a zpracováván zvlášť a následně odděleně promítán na dva monitory uvnitř ovládací konzole, kterou sleduje operatér. Díky tomuto provedení systém chirurgovi poskytuje velmi kvalitní HD a přirozený 3D obraz.^[62, 64] Na **Obrázku 12** je zobrazen konec endoskopu.



Obrázek 12 Detail konce endoskopu (vlevo 12mm, vpravo 8,5mm)^[63]

Chirurgické nástroje (angl. Surgical's Instrumentation)

Chirurgické nástroje jsou navrženy tak, aby lékaři poskytli přirozenou obratnost jeho pohybu během zákroku prováděného miniinvazivní cestou. Jsou modelovány po vzoru lidského zápěstí a nabízejí dokonce větší rozsah pohybu než lidské ruce. Jsou konstruovány se sedmi stupni volnosti. Jemný a přesný systém vnitřních lanek poskytuje maximální citlivost pro potřebné výkony, umožňuje rychlé a přesné šití, preparování tkání a veškerou manipulaci. Široká řada preparačních nástrojů umožňuje zvolit potřebnou sestavu podle typu prováděného výkonu.

Samotné nástroje mají tři hlavní části. Úplný konec nástroje, provádějící fyzicky samotný operační výkon, je pohyblivou částí mající podobu nejrůznějšího potřebného provedení – kleště, nůžky, skalpely či různá elektrická zařízení. Druhou částí je dutá trubice, kterou jsou vedena lanka přenášející pohyb. Mechanický převod pohybů a kontrolní čipy sídlí v základně ramena, která tvoří třetí a jeho největší část.

Nástroje jsou vyrobeny z velice kvalitních materiálů a jsou před použitím podrobeny řadě testů. Přesto je z bezpečnostních důvodů povoleno jejich použití na 10–25 operací. Po tomto počtu je jejich použití automaticky elektronickým bezpečnostním systémem, s využitím čipů nacházejících se na jednotlivých částech systému, zablokováno.^[48, 64, 65]



Obrázek 13 Chirurgické nástroje^[63]

Videověž (angl. Vision Cart)

Tato důležitá součást systému dV slouží zejména pro zpracování obrazu ze stereoskopické kamery, která je umístěna na operační konzole. Videověž obsahuje i další přístroje potřebné pro průběh laparoskopické operace jako jsou: zdroj energie, světla, koagulační nástroje, chirurgické instrumenty pro insuflaci apod. Na videověži je umístěn také asistentův monitor, který sálovému personálu a hlavně asistentům poskytuje přehled celého operačního pole.^[51]



Obrázek 14 Videověž (vlevo model Si, vpravo Xi)^[63]

3.4.3 Vývoj systému da Vinci

Od první instalace v roce 1999 se dV stále vyvíjí a doplňuje o inovace a technologie umožňující reagovat na požadavky chirurgické praxe a co nejintuitivnějšího a zároveň nejbezpečnějšího ovládání. Vývoj lze rozdělit pomocí hlavních generací.^[66]

Da Vinci I. generace Standard

Do komerčního využití byl první dV uveden již sice v roce 1999, ČR si však na příchod této technologie na svá pracoviště musela dalších šest let počkat. Do pilotního projektu tří českých pracovišť (NNH, ÚVN a FNUSA) byly pořízeny první tři dV I. generace v letech 2005 až 2007. Jejich technická podpora však již skončila v červnu 2014.



Obrázek 15 Da Vinci I. generace Standard^[63]

Da Vinci II. generace S

Nástup II. generace dV do chirurgické praxe byl v roce 2006.^[67] Do center v ČR byl zakoupen jeden tento systém v roce 2009.^[52]

II. generace dV obsahuje tři zásadní vylepšení oproti I. generaci:^[66]

- *Advanced 3D HD visualization* – pokročilá 3D HD vizualizace s 10násobným zvětšením a prostorovým zobrazením operačního pole s jasným a ostrým obrazem.

- *EndoWrist instrumentation* – zvýšená obratnost a ohebnost instrumentačních nástrojů, které umožnily pohyby výrazně překračující možnosti lidské ruky. Patří mezi ně např. 7 stupňů volnosti, 90° ohyby, intuitivní pohyby ovládané špičkou prstu, škálování pohybu a eliminace třesu.
- *Intuitive Motion technology* – důraz na intuitivní ovládání, které podporuje lidské zkušenosti z klasické chirurgie a posiluje harmonizaci všech pohybů operátora. Vylepšená byla také pohodlná a ergonomická pozice umožňující chirurgovi pracovat vsedě a dále vestavěný mikrofon umožňující efektivní komunikaci osob na operačním sále i mimo něj.



Obrázek 16 Da Vinci II. generace S^[63]

Da Vinci III. generace Si

III. generace dV byla uvedena na trh v dubnu 2009.^[67] V ČR fungují dva tyto systémy, zakoupeny byly v letech 2013 a 2015.^[52]

Opět se oproti předchozí generaci vyznačovala i tato několika zásadními prvky:^[66]

- *Optional Dual Console* – volitelná dvojitá konzole jak pro vzájemnou spolupráci chirurgů během operačního zákroku, tak s využitím pro potřeby školení a zaučování, s volitelnou úrovní kontroly nad nástroji.

- *Enhanced high-definition 3D vision* – vylepšení 3D HD vizualizace pro ještě lepší zobrazení operačního pole.
- *An updated user interface* – aktualizované uživatelské rozhraní pro efektivnější konfiguraci funkcí a práce na operačním sále před a během celého zákroku.



Obrázek 17 Da Vinci III. generace Si^[63]

Da Vinci IV. generace Xi

Ke komerčnímu využití byla zatím nejnovější IV. generace uvedena v roce 2014.^[67] V ČR již také funguje jeden tento nejmodernější systém, a to od roku 2015.^[52]

Jedná se o nejmodernější typ operačního robota dV s mnoha rozšířenými funkcemi:^[66]

- Vylepšení funkce *EndoWrist instrumentation* s možností jednoduššího šití.
- *Integrated Energy* – integrovaný zdroj elektrické energie pro systém *EndoWrist*, který umožňuje po jednoduchém nastavení požadovaného účinku na danou tkáň řídit pomocí generátoru množství energie dodané na místo chirurgického zákroku.
- Možnost fluorescenčního zobrazování, které v reálném čase umožní posoudit stav a průtok cév, žlučvodů či prokrvení tkání.
- Přepracovaná ramena a celkové snížení hmotnosti na méně než polovinu předchozího modelu umožňuje lepší flexibilitu v manipulaci všech čtyř ramen, a tedy lepší přehlednosti v operovaném prostoru.
- Celková polohovatelnost, flexibilita a manipulovatelnost využívá výhod jak závesného (fixního) systému, tak mobilní jednotky.

- Cvičení na simulátoru umožňující procvičení a osvojení potřebných technik k efektivnímu využívání dV v praxi.



Obrázek 18 Da Vinci IV. generace Xi^[63]

4 Praktická část

4.1 Metodika sběru a analýzy dat

V praktické části poukazuji na stávající stav v užívání robotické chirurgie v ČR, analyzuji data o instalovaných systémech na jednotlivých pracovištích. Uvádím také informace z celosvětového srovnání.

Dotazník

Vzhledem k malému počtu pracovišť (dle předvýzkumu byl zjištěn počet sedmi center) byl zvolen jako ideální forma sběru dat strukturovaný dotazník a emailová komunikace s respondenty uvedenými v následujícím odstavci. Dotazník se skládal z otázek týkajících se data instalace a první dV operace, chirurgických oborů, které dV na daném pracovišti využívají, počtu operací v jednotlivých letech a oborech. Zřetel byl kladen také na otázky praktického využití (školení lékařů, využití k výukovým účelům, ekonomické, technické a servisní záležitosti týkající se pořízení a provozu dV).

Respondenti

- prof. MUDr. Petr Štádler, Ph.D.
institute: Nemocnice Na Homolce, Praha
pozice: primář oddělení Cévní chirurgie
email: petr.stadler@homolka.cz
- prof. MUDr. Miroslav Ryska, CSc.
institute: Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice Praha
pozice: primář Chirurgického oddělení, náměstek ředitele pro vědu a výzkum
email: ryskamir@uvm.cz
- prof. MUDr. Ivan Čapov, CSc.
institute: Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně
pozice: přednosta I. chirurgické kliniky
email: ivan.capov@fnusa.cz

- MUDr. Jaroslav Tvarůžek
institute: Nemocnice Svaté Zdislavy Mostiště
pozice: primář Chirurgického oddělení
email: tvaruzekj@seznam.cz
- MUDr. Jan Schraml, Ph.D.
institute: Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem
pozice: přednosta Kliniky urologie a robotické chirurgie
email: jan.schraml@kzcr.eu
- MUDr. Miroslav Štursa
institute: Nemocnice s poliklinikou Nový Jičín
pozice: primář Urologického oddělení
email: miroslav.stursa@nemnj.cz
- doc. MUDr. Vladimír Študent, Ph.D.
institute: Fakultní nemocnice Olomouc, Česká společnost robotické chirurgie
České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně (ČSRCH ČLSJEP)
pozice: přednosta Urologické kliniky, předseda ČSRCH ČLSJEP
email: vladimir.student@fnol.cz
- Mgr. Milan Vácha
institute: Intuitive Surgical, Aubonne, Švýcarsko
pozice: zástupce zákaznického servisu
email: ics@intusurg.com
- MUDr. Helena Nebeská
institute: Intuitive Surgical, Praha
pozice: obchodní ředitelka pro ČR a SR
email: helena.nebeska@intusurg.com

Sběr dat

Emailová komunikace se sběrem dat byla provedena od 26. února do 10. července 2015.

Dodatečné dotazování (opět emailovou formou) s cílem vysvětlení, sjednocení a interpretace některých výsledků pokračovalo do 5. srpna 2015.

Data byla zapisována systematicky tak, aby byla interpretovatelná jednotně. Jednotlivá pracoviště tak musela své odpovědi několikrát upravovat a přepracovávat.

Návratnost

Návratnost odpovědí byla 100%, což vzhledem k malému počtu pracovišť a celkovému počtu respondentů bylo žádoucí.

Kromě respondentů z řad představitelů jednotlivých robotických center, bylo velmi potřebné získat data také od představitelů ČSRCH ČLSJEP a dále pak zvláště pro mezinárodní srovnání byla velmi potřebná data od zástupců výrobce dV, který nejen robotické systémy v ČR distribuuje, ale zároveň disponuje potřebnými daty, která sloužila i jako vhodná kontrola informací respondentů získaných z dílčích center.

Analýza dat

Každá odpověď prošla důkladnou logickou kontrolou. Kontrolovány byly logické vazby, úplnost a věrohodnost vyplnění.

V případě nejasnosti nebo neúplnosti byl respondent požádán o upřesnění a doplnění informací či poslání lépe parametrizovaných dat.

Na žádost respondentů byla data agregována za jednotlivé obory, případně za celou ČR. Vzhledem k smluvním závazkům daných zdravotnických zařízení a výrobce dV nemohla být některá data zveřejněna. Některé rozdíly mezi jednotlivými pracovišti a analýza jejich výkonnosti a např. ekonomiky daného robotického centra v porovnání s ostatními tak nemohly být v práci zmíněny a realizovány.

Některé otázky praktického využití dV (počty lékařů, výuka, finanční a servisní otázky) nebyly analyzovány. Důvodem byla obava z povinnosti ochrany citlivých údajů popsána v předchozím odstavci a problematické a nejednotné vyplnění velkou částí respondentů.

Pro výpočet deskriptivní statistiky bylo využito programu MS Excel.

4.2 Analýza dat a výsledky

První část dotazníku se věnovala jednotlivým CRCH v ČR, počtu instalovaných systémů, datu instalace a první uskutečněné operace a chirurgickým oborům, které v daném zdravotnickém zařízení dV využívají. Přehled všech zařízení shrnuje **Tabulka 3**.

Mezi pilotní pracoviště, která v ČR se zaváděním robotické chirurgie v roce 2005 začala, patřila Nemocnice Na Homolce v Praze, Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice v Praze a o rok později také Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně.

V NNH měli v letech 2007–2011 zapůjčený také druhý dV, cíleně pro kardiochirurgické operace. Nyní však mají pouze jeden dV a slouží nejčastěji cévní chirurgii.

FNUSA sice také patřila mezi průkopníky a dV v Brně zavedla, nicméně má robota od roku 2013 rozbitého a nechce do opravy investovat a s robotickou chirurgií tak skončila.

Vedle NNH měli v letech 2009–2014 dva dV také v Ústí nad Labem. Tyto dva starší dV s jednou konzolí již vyměnili za nejnovější a nejmodernější model se dvěma konzolemi.

Tabulka 3 Přehled zdravotnických zařízení s dV instalací v ČR a jejich specifikace

ZZ	Sídlo ZZ	Datum vzniku CRCH první operace	Urologie	Gynekologie	Cévní ch.	Břišní ch.	Hrudní ch.	Kardioch.	ORL	Všobecná ch.
NNH ^a	Praha	16. 8. 2005 31. 10. 2005	X	X	X			X		X
ÚVN	Praha	17. 10. 2005 9. 12. 2005	X	X						X
FNUSA ^b	Brno	3. 3. 2006 3. 5. 2006	X	X	X	X	X			
NSZM	Velké Meziříčí	26. 4. 2007 1. 5. 2007	X			X	X			X
MNÚL ^c	Ústí nad Labem	18. 7. 2008 19. 8. 2008	X	X		X	X		X	X
NNJ	Nový Jičín	12. 9. 2008 7. 10. 2008	X	X						X
FNO	Olomouc	13. 8. 2009 20. 8. 2009	X	X						

^a V letech 2007–2011 mělo pracoviště zapůjčený ještě druhý systém dV.

^b Od roku 2013 je robot nefunkční a mimo provoz.

^c V letech 2009–2014 mělo pracoviště také druhý systém dV.

Současný počet sedmi robotických systémů v ČR lze porovnat se zahraničními zdravotnickými systémy. Síť robotických center nejlépe srovnáme dle počtu obyvatel. Poslední aktuální počty obyvatel, počty robotů a přepočet počtu obyvatel připadajících na jednoho robota porovnávají **Tabulka 4** (Amerika a Evropa) a **Tabulka 5** (ostatní regiony).

Tabulka 4 Počty instalací dV v zemích Ameriky a Evropy (stav k 31. 3. 2015)

Země	Počet instalací dV	Počet obyvatel (v tis. ob.) ^[68]	Počet ob. (v tis.) na 1 dV
<i>Amerika:</i>			
USA	2254	321 368	143
Kanada	25	35 100	1 404
Latinská Amerika	44	–	–
<i>Evropa:</i>			
Francie	86	66 554	774
Itálie	81	61 855	764
Německo	74	80 854	1 093
UK	48	64 088	1 335
Belgie	33	11 324	343
Turecko	33	79 414	2 406
Španělsko	30	48 146	1 605
Švýcarsko	27	8 122	301
Rusko	25	142 424	5 697
Švédsko	24	9 802	408
Nizozemsko	20	16 948	847
Dánsko	15	5 582	372
Norsko	11	5 208	473
Řecko	9	10 776	1 197
ČR	7	10 645	1 521
Rakousko	6	8 666	1 444
Rumunsko	6	21 666	3 611
Finsko	5	5 477	1 095
Irsko	3	4 892	1 631
Monako	2	31	16
Lucembursko	1	570	570
Slovensko	1	5 445	5 445
<i>ostatní</i>	9	–	–

Tabulka 5 Počty instalací dV v zemích mimo Evropu a Ameriku (stav k 31. 3. 2015)

Země	Počet instalací dV	Počet obyvatel (v tis. ob.) ^[68]	Počet ob. (v tis.) na 1 dV
Blízký Východ:			
Saúdská Arábie	13	27 752	2 135
Izrael	7	8 049	1 150
Katar	6	2 195	366
<i>ostatní</i>	9	–	–
Afrika:			
JAR	4	63 676	15 919
Asie:			
Japonsko	194	126 920	654
Jižní Korea	50	49 115	982
Čína	46	1 367 485	29 728
Indie	29	1 251 696	43 162
Tchaj-wan	25	23 415	937
Singapore	7	5 674	811
Thajsko	6	67 976	11 329
<i>ostatní</i>	8	–	–
Austrálie a Nový Zéland:			
Austrálie a Nový Zéland	34	27 189	800

Celkový přehled lze doplnit také celosvětovým počtem instalací dV v **Tabulce 6**. Přepočet celkového světového počtu obyvatel připadajících na jeden systém dV je pouze teoretickým údajem, protože ve většině zemí světa mají jejich občané často omezený přístup i k daleko méně náročným zdravotnickým službám a dV je jim zcela nedostupné.

Tabulka 6 Celosvětový počet instalací dV (stav k 31. 3. 2015)

Země	Počet instalací dV	Počet obyvatel (v tis. ob.) ^[68]	Počet ob. (v tis.) na 1 dV
CELÝ SVĚT	3 317	7 237 050	2 182

Podle časového srovnání 15letého vývoje počtu instalací dV v jednotlivých zemích lze sledovat exponenciální růst jak v USA, tak v evropských zemích. Již deset let od uvedení na trh překročil počet dV celosvětově 1 500 kusů. Za dalších pět let se tento počet více než zdvojnásobil a v 1. kvartále roku 2015 dosáhl více než 3 300 kusů.

ČR v roce 2005 začínala se dvěma roboty a rychle rozvíjela další centra. Jejich počet se rychle rozrůstal. Nejvyššího počtu (devíti instalovaných dV) bylo dosaženo v letech 2009–2011. Následující roky nejen, že další instalace dV neproběhly, ale jejich počet se dokonce snížil. Nejprve v roce 2011 o jeden ze dvou dV přišla NNH (jeden měla pouze zapůjčený) a v roce 2014 byly vlivem modernizace dva starší dV vyměněny za jeden moderní. Číslo sedmi stávajících systémů na území ČR v sobě navíc skrývá jeden nefunkční brněnské FNUSA. Reálný počet je tak dokonce pouze šest dV.

ČR tak v posledních letech v dalším rozvíjení robotické chirurgie značně zaostává. Jako důkaz lze uvést srovnání s dalšími evropskými zeměmi s vyspělým zdravotnictvím a srovnatelnou velikostí populace (viz **Tabulka 7**).

Tabulka 7 Srovnání ČR s populačně srovnatelnými zeměmi Evropy

země: počet ob. v mil. ^a :	Belgie 11,3	Švýcarsko 8,1	Švédsko 9,8	ČR 10,6
2008	21	12	10	7
2009	23	13	12	9
2010	24	14	13	9
2015	33	27	24	7

^a Počty obyvatel jsou platné pro rok 2015.

Hlavní využití dV technologie spatřují chirurgové v léčbě různých onkologických onemocnění, při chirurgické léčbě obezity, v břišních, hrudních a srdečních rekonstrukčních výkonech a v ORL výkonech na kořeni jazyka.

Tabulka 8 shrnuje počty uskutečněných dV výkonů v jednotlivých letech a oborech v centrech robotické chirurgie v ČR.

V **urologii** se jedná nejčastěji o výkony na prostatě, méně pak ledvinách. **Všeobecnou chirurgii** nejčastěji zaměstnávají onkologické diagnózy žaludku a kolorekta, ale také resekční výkony pro léčbu obezity. V **gynekologii** je nejčastějším výkonem karcinom děložního čípku a také zákroky pro léčbu inkontinence. Zákroky **ORL** jsou nejčastěji pro karcinomy kořene jazyka, hltanu a hrtanu a také resekce kořene jazyka pro léčbu chrápání a spánkové apnoe. **Hrudní chirurgie** provádí zejména onkochirurgické výkony na plicních lalocích a průdušinkách. V **kardiochirurgii** a **cévní chirurgii** se operují zejména srdeční chlopně, výdutě aorty a provádí se by-pass koronárních tepen.

Tabulka 8 Počty dV výkonů v ČR dle oborů (stav k 30. 6. 2015)

Rok	Urologie	Všeobecná ch.	Gynekologie	Cévní ch.	Kardioch.	Břišní a hrudní ch.	ORL	Ostatní	Celkem
2005	4	14	5	2	2	1	–	–	28
2006	114	150	47	42	8	2	–	–	363
2007	225	133	46	36	23	4	–	–	467
2008	472	138	21	33	7	3	2	1	677
2009	792	142	53	41	–	1	8	–	1 037
2010	942	155	126	52	–	–	11	–	1 286
2011	976	139	109	49	8	–	9	–	1 290
2012	1 012	150	125	39	–	–	2	–	1 328
2013	999	204	90	19	–	–	5	–	1 317
2014	1 028	238	83	25	–	–	6	–	1 380
2015	637	96	70	15	–	–	6	7	831
Celkem	7 201	1 159	775	353	48	11	49	8	10 004

Z celkového součtu všech provedených výkonů k 30. 6. 2015 vyplývá, že relativně nedávno již byla v českých centrech provedena pomyslná jubilejní desetitisíci operace.

Nejčastější obor využívající výhod dV systémů je jednoznačně urologie (72 % všech operací) a v ní převážně radikální prostatektomie (operativní odstranění prostaty). Rakovina prostaty je druhým nejčastějším zhoubným onemocněním postihujícím mužskou populaci (po karcinomu plic). Představuje zhruba 16 % všech onkologických onemocnění u mužů starších 50 let. Průměrný věk mužů se prodlužuje a problematika karcinomu prostaty se tak dostává do popředí. Každý desátý muž v české populaci má pravděpodobnost rizika rozvinutí rakovina prostaty a 3 % mužů na ni pak dokonce umírají. Významným rizikovým faktorem je výskyt rakoviny prostaty v rodině (genetická predispozice), v případě jednoho výskytu je riziko větší 3x a v případě více výskytů tohoto onemocnění v rodině se riziko postižení zvyšuje dokonce až 11x.^[69]

Všeobecní chirurgové pak nejčastěji operují nádory tlustého stěva a konečníku (kolorektální karcinom), v jehož incidenci Česká republika dlouhodobě zaujímá celosvětově smutné 1. místo.

S nárůstem počtu CRCH a vyškolených chirurgů operujících pomocí dV roste logicky i počet dV výkonů, což názorně lépe než tabulka zobrazuje **Graf 1**. Zde je dominance urologických operací zcela evidentní a lze pozorovat dynamiku vývoje i jiných chirurgických oborů využívajících dV.

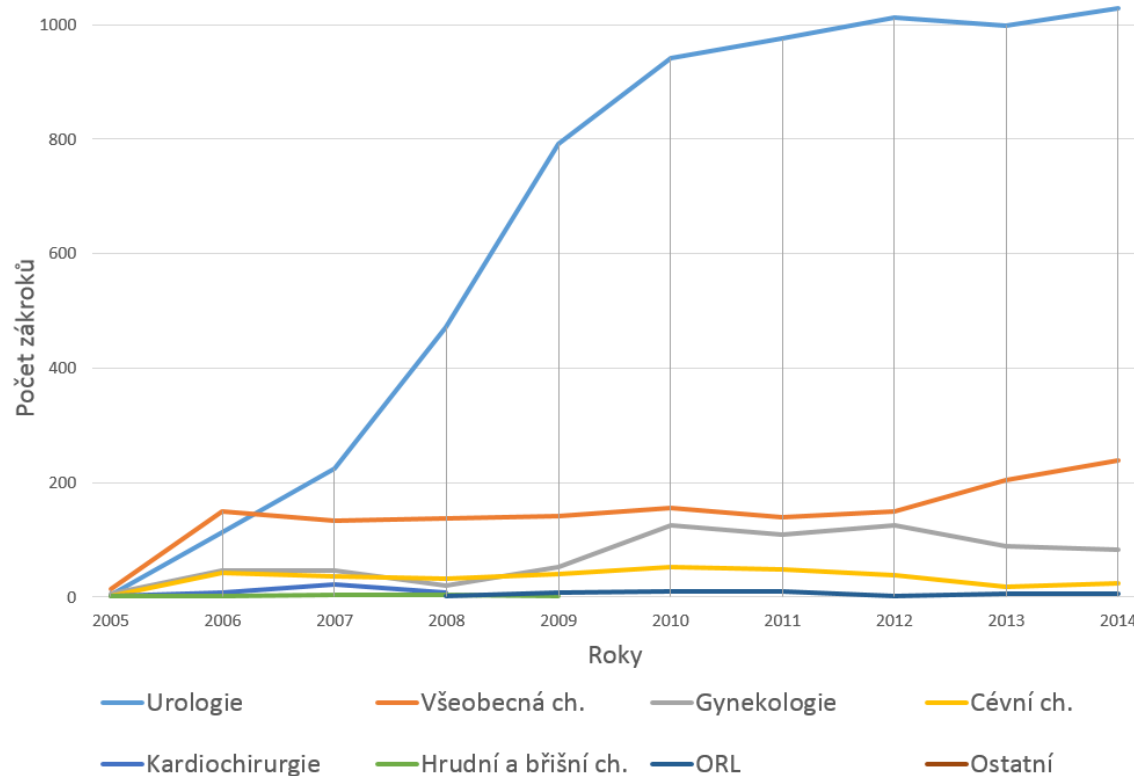
Kromě urologie, všeobecné chirurgie a gynekologie je zastoupení ostatních oborů zanedbatelné a spíše okrajové.

Patrný je zde také výrazný vzestup využívání dV technologie v urologii do roku 2010, který byl ve vývoji zlomový a následován obdobím stagnace.

Výkony ostatních oborů stagnují již krátce po samého začátku využívání robotů.

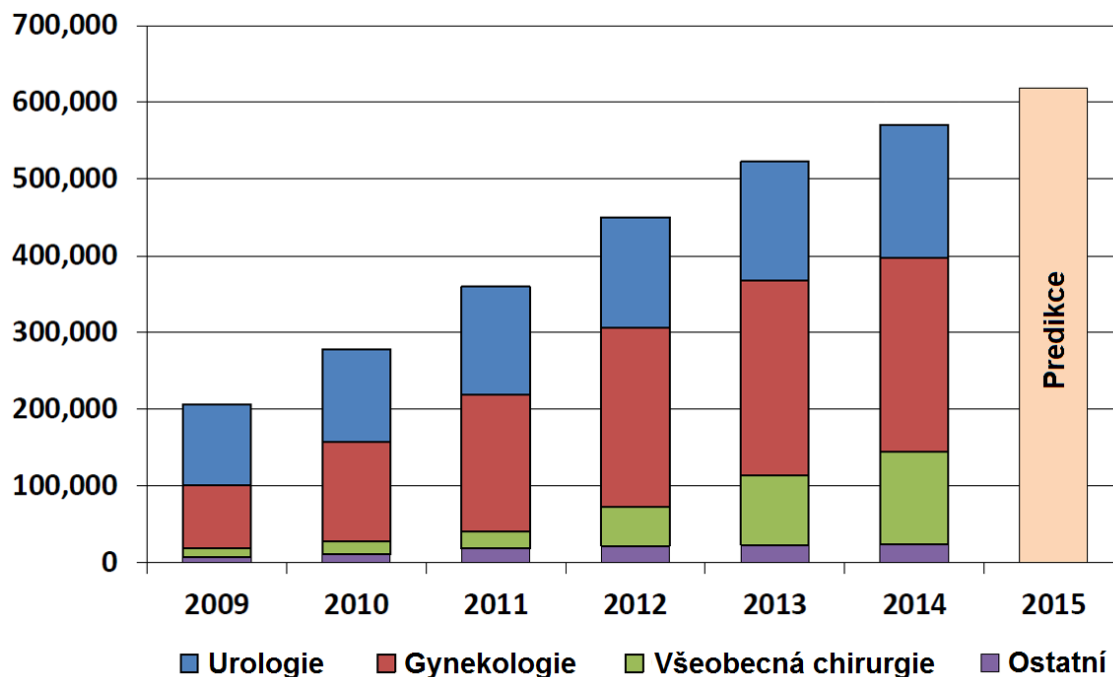
V případě kardiochirurgie se jedná dokonce o pokles a následné nulové hodnoty po roce 2009, který je však dán ukončením fungování speciálního robotického pracoviště na kardiologii NNH v tomto roce. Zapůjčený dV pak krátce fungoval ještě pro jiné obory. Částečně tento výpadek kardiochirurgických výkonů převzal obor cévní chirurgie a statistika výkonů se tak objevuje zde.

Graf 1 Vývoj počtu dV výkonů v ČR dle oborů (stav k 30. 6. 2015)



Zatímco v ČR zaznamenáváme v posledních letech stagnaci v počtu dV, situace ve světě je jiná a rozšiřování dV dále roste. Stálý a poměrně vyrovnaný růst lze vidět na **Grafu 2**. Data jsou zobrazena pro nepřesnou metodiku jejich sběru z jednotlivých zemí a pracovišť během začátků využívání dV až od 2009 s predikcí pro rok 2015, pro kterou vycházíme z dat z prvního pololetí 2015.

Graf 2 Celosvětový počet dV výkonů (do roku 2014 a predikce 2015)



5 Závěr

Miniinvazivní chirurgické postupy s sebou přinášejí řadu výhod pro pacienta a jeho léčbu, snížení počtu komplikací během zákroku a rychlejší rekonvalescenci po něm. Přes vyšší přímé náklady a různá specifika a komplikace kladené jak na přístrojové vybavení tak na znalosti a zkušenosti lékaře však znamenají také snížení celkových nákladů (převážně nepřímých). U indukovaných případů jsou tedy výhodnou alternativou klasické otevřené chirurgie a nesou oproti ní medicínská i ekonomická pozitiva.

Roboticky asistovaná miniinvazivní chirurgie nese výhody běžných miniinvazivních metod a přidává další, ve kterých je robot dokonalejší než lidský chirurg. Nespornými výhodami jsou přesnost, citlivost, síla, výdrž, analýza velkého množství dat díky mnoha sensorům, variabilní optimalizace všech parametrů daného prostředí a konkrétního zákroku. Výhodou je také možnost využití druhé konzole pro asistenci dvou chirurgů nebo k výukovým potřebám. Kromě nevýhod vyplývajících z technických omezení je největším problémem pro maximální uplatnění robotické chirurgie její cena a vysoké náklady spojené s provozem a servisem.

V současnosti nejpoužívanějším robotem pro miniinvazivní chirurgii je celosvětově systémem pojmenován po italském renesančním umělci Leonardu da Vinci. Výrobce Intuitive Surgical, který jej distribuuje i do ČR, již vyrobil okolo 3 500 těchto robotů. Technologie zprvu určená pouze pro vojenské využití byla v roce 1999 uvolněna ke komerčnímu využití. V ČR se první operace konaly na třech pilotních pracovištích v letech 2005–6.

Expanze postupovala i do dalších regionů ČR, ale po roce 2009 již žádné nové centrum nevzniklo a postupně dochází pouze k obnově systémů dV za jeho novější generace. Vývoj tak neodpovídá situaci v zahraničí, kde počet dV pracovišť stále lineárně roste.

Celkem má ČR sedm center robotické chirurgie, jedno je ale dlouhodobě mimo provoz. Stagnace rozvoje dalších dV pracovišť s sebou přinesla ve statistickém srovnání se zahraničím také stagnaci dostupnosti robotické technologie pro české občany. V současnosti na jednoho robota dV připadá v ČR okolo 1,5 mil. obyvatel (potenciálních pacientů), což je mnohem více než evropský průměr. Hůře na tom jsou ze zemí EU pouze Španělsko, Irsko, Rumunsko a nejhůře pak Slovensko.

Celkový počet dV zákroků v ČR již překročil 10 000. Z oborů, které dV v ČR nejčastěji používají, zcela dominuje urologie. Ze zákroků pak totální prostatektomie.

6 Seznam literatury

1. HOSPIMED, S.R.O. *Co by měl ambulantní chirurg vědět o roboticky asistované chirurgii*. Praha, 2009. Dostupné také z: http://www.hospimed.cz/wp-content/uploads/files/strevo_lekarska.pdf.
2. HOSPIMED, S.R.O. *Co by měl ambulantní urolog vědět o robotické chirurgii*. Praha, 2009. Dostupné také z: http://www.hospimed.cz/wp-content/uploads/files/prostata_lekarska.pdf.
3. HOSPIMED, S.R.O. *Co by měl ambulantní gynekolog vědět o robotické chirurgii*. Praha, 2009. Dostupné z: http://www.hospimed.cz/wp-content/uploads/files/deloha_lekarska.pdf.
4. SATAVA, Richard M., Andres E. CASTELLANOS, Jaydev P. DESAI a William C. MEYERS. Surgical Robotics: The Early Chronicles. *Surgical Laparoscopy, Endoscopy*. 2002, 12(1): 6–16. DOI: 10.1097/00129689-200202000-00002. ISSN 1530-4515. Dostupné také z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>.
5. STŘEDA, Leoš. eHealth a telemedicína. 27. díl, Robotické operace a telechirurgie. *Zdravotnictví a medicína*. 2014, 64(11): 29. ISSN 2336-2987. Dostupné také z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/mlada-fronta-zdravotnicke-noviny-zdn/ehealth-a-telemedicina-roboticke-operace-a-telechirurgie-27-dil-475651>.
6. DOSTALÍK, Jan. Laparoskopické operace v chirurgii. *Zdravotnické noviny*. 2005, 54(21): 12–14. ISSN 1805-2355. Dostupné také z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/laparoskopicke-operace-v-chirurgii-166974>.
7. DUDA Miloslav a Stanislav CZUDEK. *Miniinvazivní chirurgie*. Nemocnice Podlesí Třinec, 1996, 231 s.
8. PAFKO, Pavel. *Praktická laparoskopická a torakoskopická chirurgie*. Praha: Grada, 1998, 106 s. ISBN 80-716-9532-7.
9. KAMENÍČEK, Václav a Martin MAŠEK. Pelvic pain – apendikopatie a laparoskopické řešení. *Rozhledy v chirurgii*. 2002, 81(2): 83–87. ISSN 0035-9351. Dostupné také z: <http://www.chirurgie.cz/index.php?pId=z3-2002-02-8>.
10. REINDLOVÁ, Vladimíra. Laparoskopická cholecystektomie (LCHE). *Sestra*. 2005, 15(10): 25–26. ISSN 1210-0404. Dostupné také z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/sestra/laparoskopicka-cholecystektomie-lche-288292>.

11. MANUKYAN, Grgorii. History of laparoscopy. *Laparoscopy.am* [online]. 2010 [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: <http://www.laparoscopy.am/index.php?mod=pages>.
12. SEMM, von Kurt. *Chronik Kieler Universitäts – Frauenklinik und Michaelis – Hebammenschule: 1805–1995; eine medizinhistorische Studie zum 190jährigen Bestehen*. Kiel, 1995. ISBN 39-225-0057-9.
13. KŘÍKAVA, Karel a Karel ml. KŘÍKAVA. Miniinvazivní chirurgie. *Postgraduální medicína*. 2000, 2(2): 129–132. ISSN 1212-4184. Dostupné také z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/miniinvazivni-chirurgie-126749>.
14. Important Patient Safety Information. *Intuitive Surgical* [online]. 2015 [cit. 2015-05-31]. Dostupné z: <http://www.davincisurgery.com>.
15. CAMARILLO, David B., Thomas M. KRUMMEL a J. Kenneth SALISBURY. Robotic technology in surgery: Past, present, and future. *The American Journal of Surgery*. 2004, 188(4): 2–15. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2004.08.025.
16. CLEARY, Kevin a Charles NGUYEN. State of the art in surgical robotics: Clinical applications and technology challenges. *Computer Aided Surgery*. 2001, 6(6): 312–328. DOI: 10.1002/igs.10019.
17. SATAVA, Richard M. Emerging Technologies for Surgery in the 21st Century. *Archives of Surgery*. 1999, 134(11) [cit. 2015-07-17]. DOI: 10.1001/archsurg.134.11.1197.
18. BALLANTYNE, Garth H a Fred MOLL. The da Vinci telerobotic surgical system: the virtual operative field and telepresence surgery. *Surgical Clinics of North America*. 2003, 83(6): 1293–1304. DOI: 10.1016/s0039-6109(03)00164-6.
19. ČAPEK, Karel. *R.U.R.: rosum's universal robots*. Praha: Artur, 2008, 98 s. ISBN 978-80-87128-51-0.
20. ČAPEK, Karel. O slově robot. *Lidové noviny*. Brno: Vydavatelské družstvo Lidové strany v Brně, 1933, 41(644): 12. ISSN 1802-6265.
21. Robota. *Slovník spisovného jazyka českého* [online]. Praha: Ústav pro jazyk český Akademie věd ČR, 2011 [cit. 2015-06-17]. Dostupné z: <http://ssjc.ujc.cas.cz/search.php?hledej=Hledat&heslo=robota&sti=EMPTY&where=hesla&hsubstr=no>.

22. Robot. *Slovník spisovného jazyka českého* [online]. Praha: Ústav pro jazyk český Akademie věd ČR, 2011 [cit. 2015-06-17]. Dostupné z:
<http://ssjc.ujc.cas.cz/search.php?hledej=Hledat&heslo=robot&sti=EMPTY&where=hesla&hsubstr=no>.
23. NEFF, Ondřej a Jaroslav OLŠA. *Encyklopedie literatury science fiction*. Praha: AFSF, 1995, 555 s. ISBN 80-857-8790-3.
24. ASIMOV, Isaac. *Já, robot*. Praha: Triton, 2012, 555 s. ISBN 978-807-3874-919.
25. ASIMOV, Isaac. *Robohistorie*. Praha: Triton, 2004, 422 s. ISBN 80-7254-477-2.
26. WARWICK, Kevin. Asimovovy zákony robotiky. *Vesmír*. 1999, 78(3): 166–169. ISSN 1214-4029. Dostupné také z: <http://casopis.vesmir.cz/files/file/fid/2923/aid/776>.
27. STOIANOVICI, Dan. Robotic surgery. *World J Urol*. 2000, 18(4): 289–295.
28. GIBILISCO, Stan. *The McGraw-Hill illustrated encyclopedia of robotics & artificial intelligence*. New York: McGraw-Hill, 1994, 420 s. ISBN 0070236143.
29. VERTUT, Jean a Philippe COIFFET. *Teleoperation and robotics: evolution and development*. London: Kogan Page, 1985, 332 s. ISBN 9780850385885.
30. LAU, Susie, Sylvie AUBIN, Zeev ROSBERGER, Iris GOURDJI, Jeffrey HOW, Raphael GOTLIEB, Nancy DRUMMOND, Ioana ENIU, Jeremie ABITBOL, et al. Health-Related Quality of Life Following Robotic Surgery: A Pilot Study. *J Obstet Gynaecol Can*. 2014, 36(12): 1071–1078.
31. DIODATO, Michael D. a Ralph J. DAMIANO. Robotic cardiac surgery: overview. *Surgical Clinics of North America*. 2003, 83(6): 1351–1367. DOI: 10.1016/S0039-6109(03)00166-X. ISSN 00396109. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S003961090300166X>.
32. FALK, Volkmar, Anno DIEGLER, Thomas WALTHER, Rudiger AUTSCHBACH a Friedrich W. MOHR. Developments in robotic cardiac surgery: overview. *Current Opinion in Cardiology*. 2000, 15(6): 378–387. DOI: 10.1097/00001573-200011000-00002. ISSN 0268-4705. Dostupné také z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>.

33. SCHROECK, Florian R., Samuel R. KAUFMAN, Bruce L. JACOBS, Yun ZHANG, Alon Z. WEIZER, Jeffrey S. MONTGOMERY, Scott M. GILBERT, Seth A. STROPE a Brent K. HOLLENBECK. The Impact of Technology Diffusion on Treatment for Prostate Cancer. *Medical Care*. 2013, 51(12): 1076–1084. DOI: 10.1097/MLR.000000000000019. ISSN 0025-7079. Dostupné také z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>.
34. HOWE, Robert D. a Yoky MATSUOKA. Robotics for Surgery. *Annual Review of Biomedical Engineering*. 1999, 1(1): 211–240. DOI: 10.1146/annurev.bioeng.1.1.211.
35. TAYLOR, Russell H. Robots as surgical assistants: Where we are, wither we are tending, and how to get there. *Lecture Notes in Computer Science*. 1997, (1211): 1–11. ISSN 0302-9743.
36. LANFRANCO, Anthony R., Andres E. CASTELLANOS, Jaydev P. DESAI a William C. MEYERS. Robotic Surgery. *Annals of Surgery*. 2004, 239(1): 14–21. DOI: 10.1097/01.sla.0000103020.19595.7d. ISSN 0003-4932. Dostupné také z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>.
37. DAVIES, Brian Lawrence. A review of robotics in surgery. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. 2000, 214 (1): 129–140.
38. LANGENBURG, Scott E., Colin G. KNIGHT, Michael D. KLEIN a William C. MEYERS. Robotic Surgery: An Update. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*. 2003, 13(5): 429–436. DOI: 10.1615/JLongTermEffMedImplants.v13.i5.80. ISSN 1064-2315. Dostupné také z: <http://www.dl.begellhouse.com/journals/1bef42082d7a0fdf,5203277d28546f8c,20ed62295437b9fa.html>.
39. HOCKSTEIN, N. G., C. G. GOURIN, R. A. FAUST a D. J. TERRIS. A history of robots: from science fiction to surgical robotics. *Journal of Robotic Surgery*. 2007, 1(2): 113–118. DOI: 10.1007/s11701-007-0021-2.
40. PUMA EXPORT – Medical Equipments [online]. Hialeah, Florida, USA, 2014 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://pumamed.com>.
41. Important Historic Robotic Companies and Systems. *Robotic Surgery* [online]. Brown University Providence, Rhode Island, USA, 2012 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2005_Groups/04/history.html.

42. Robo-surgery, Human assistant in key-hole gallbladder removal, Laparoscopic Cholecystectomy, Endoassist, Aesop, Passist, Zeus. BLAYLOCK, Alfred. *Ideas For Surgery* [online]. 2014 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.ideasforsurgery.com/2009/01/23/robo-surgery-human-assistant-in-key-hole-gallbladder-removal-laparoscopic-cholecystectomy-endoassist-aesop-passist-zeus>.
43. Robodoc 1.0 – COMPASS Design. *COMPASS Product Design, Inc.* [online]. 2015 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://compassdesign.com/robodoc1>.
44. JAKOPEC, M., S. J. HARRIS, F. RODRIGUEZ Y BAENA, P. GOMES, J. COBB a B. L. DAVIES. The first clinical application of a "hands-on" robotic knee surgery system. *Computer Aided Surgery*. 2001, 6(6): 329–339. DOI: 10.1002/igs.10023. ISSN 1092-9088. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/igs.10023>.
45. VARMA, T. R. K., P. R. ELDRIDGE, A. FORSTER, S. FOX, N. FLETCHER, M. STEIGER, P. LITTLECHILD, P. BYRNE, A. SINNOTT, et al. Use of the NeuroMate Stereotactic Robot in a Frameless Mode for Movement Disorder Surgery. *Stereotactic and Functional Neurosurgery*. 2003, 80(1–4): 132–135. DOI: 10.1159/000075173. ISSN 1423-0372. Dostupné také z: <http://www.karger.com/doi/10.1159/000075173>.
46. First Renishaw neuromate robot installation in Qatar. *Renishaw plc.* [online]. 2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.renishaw.com/en/first-renishaw-neuromate-robot-installation-in-qatar--23176>.
47. Zeus; Robotic Surgical System. *All About Robotic Surgery* [online]. 2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://allaboutroboticsurgery.com/zeusrobot.html>.
48. Nemocnice Na Homolce | Centrum robotické chirurgie. *Nemocnice Na Homolce* [online]. 2012 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.homolka.cz/cs-CZ/oddeleni/specializovana-centra/centrum-roboticke-chirurgie.html>.
49. TOBĚRNÝ, Michal. Robotická chirurgie – koncepce a současný stav v ČR. *Endoskopie*. 2009, 18(2): 85. Dostupné také z: <http://www.casopisendoskopie.cz/pdfs/end/2009/02/12.pdf>.
50. Robotická chirurgie. *ÚVN – Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice Praha* [online]. 2015 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: http://www.uvn.cz/index.php?option=com_content.

51. The da Vinci Surgical System. *Da Vinci Surgery – Minimally Invasive Robotic Surgery with the da Vinci Surgical System* [online]. 2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://allaboutroboticsurgery.com/zeusrobot.html>.
52. Da Vinci Systém. *Česká společnost robotické chirurgie ČLS JEP* [online]. 2013 [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: <http://csrch.cz/da-vinci-system>.
53. Robot. *Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně* [online]. 2012 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.fnusa.cz/index.php/pro-pacienty-a-navstevy/pacienti-a-verejnost-3/klinikcka/i-chirurgick%C3%A1-klinika/robot>.
54. Centrum robotické chirurgie Vysočina. *Nemocnice svaté Zdislavy v Mostišti* [online]. 2014 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: <http://www.nemocnice-mostiste.cz/rubrika/349-Specialni-sluzby-Centrum-roboticke-chirurgie-Vysocina/index.htm>.
55. Klinika urologie a robotické chirurgie – Centrum robotické chirurgie. *Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem* [online]. 2012 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://www.kzcr.eu/zdravotnicka-pracoviste/klinika-urologie-a-roboticke-chirurgie-centrum-roboticke-chirurgie.aspx?id=41342540-8c04-46e9-b3e8-6a989ebdc18f&group=urologie>.
56. Tiskové zprávy (18. 9. 2014): Nemocnice Nový Jičín má jedny z nejlépe vybavených operačních sálů ve střední a východní Evropě. *Nemocnice Nový Jičín* [online]. 2014 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://nemocnicenovyjicin.agel.cz/media/tiskove-zpravy/140918-otevreni-cos>.
57. Univerzitní robotické centrum. *Fakultní nemocnice Olomouc* [online]. 2011 [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: http://www.fnol.cz/univerzitni-roboticke-centrum_70.html.
58. ŠTÁDLER, Petr, Libor DVOŘÁČEK, Petr VITÁSEK a Pavel MATOUŠ. The Application of Robotic Surgery in Vascular Medicine. *Innovations: Technology and Techniques in Cardiothoracic and Vascular Surgery*. 2012, 7(4): 247–253. DOI: 10.1097/IMI.0b013e31827333cb. ISSN 1556-9845. Dostupné také z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>.
59. Budoucnost robotické chirurgie. *NEUMM: Odborný časopis o evropské medicíně* [online]. 2008 [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://www.neumm.cz/archiv/391/budoucnost-roboticke-chirurgie.htm>.

60. Vyhláška č. 324/2014 Sb., o stanovení hodnot bodu, výše úhrad hrazených služeb a regulačních omezení pro rok 2015. *Sbírka zákonů*. 17. 12. 2014. ISSN 1211-1244.
61. Locations & Representation. *Intuitive Surgical, Inc.* [online]. 2015 [cit. 2015-06-04]. Dostupné z: <http://www.intuitivesurgical.com/company/locations-representation>.
62. Centrum robotické chirurgie. *Projekty Krajské zdravotní z Regionálního operačního programu regionu soudržnosti Severozápad* [online]. 2013 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.kzcr.eu/ROP/centrum-roboticke-chirurgie-7/info.aspx>.
63. Image Gallery. *Intuitive Surgical* [online]. 2015 [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://intuitivesurgical.com/company/media/images>.
64. The da Vinci Surgical System. *Intuitive Surgical* [online]. 2015 [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system.
65. Components of the da Vinci Surgical System. *Intuitive Surgical, Inc.* [online]. 2015 [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system.
66. Products. *Intuitive Surgical* [online]. 2015 [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/davinci_surgical_system_si.
67. Intuitive Surgical – SEC Filing. *Intuitive Surgical* [online]. 2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://investor.intuitivesurgical.com/mobile.view?c=122359>.
68. Country Rank. *Census.gov* [online]. U. S. Department of Commerce, 2015 [cit. 2015-05-30]. Dostupné z: <http://www.census.gov/population/international/data/country-rank/rank.php>.
69. HOSPIMED, S.R.O. *Rakovina prostaty – časté nádorové onemocnění mužů starších 50 let*. Praha, 2009. Dostupné také z: http://arcus-oc.org/stare_www/download/hospimed_prostata2.pdf.
70. *Velký lékařský slovník On-line* [online]. Praha: Maxdorf, 2008 [cit. 2015-07-11]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz>.

7 Seznam zkratek

3D	<i>angl.</i> three-dimensional (<i>česky</i> trojrozměrný, prostorový), časté označení techniky používané pro zobrazení zdánlivě trojrozměrných objektů na plochém (dvojrzměrném) médiu (např. obrazovce nebo monitoru)
AESOP	<i>angl.</i> Automated Endoscopic System for Optimal Positioning (<i>česky</i> automatický endoskopický systém pro optimální umístění)
angl.	anglicky, v anglickém jazyce, z angličtiny
CRCH	centrum robotické chirurgie
CT	<i>angl.</i> Computed Tomography (<i>česky</i> výpočetní či počítačová tomografie)
ČLS JEP	Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně
ČR	Česká republika
ČSRCH	Česká společnost robotické chirurgie
DoF	<i>angl.</i> Degrees of Freedom (<i>česky</i> stupně volnosti)
dV	robotický systému da Vinci
EBM	<i>angl.</i> Evidence Based Medicine (<i>česky</i> medicína založená na důkazech)
EU	Evropská unie (<i>angl.</i> European Union)
FDA	<i>angl.</i> Food and Drug Administration (<i>česky</i> Úřad pro potraviny a léky, americký kontrolní úřad)
FNO	Fakultní nemocnice Olomouc
FNUSA	Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně
HD	<i>angl.</i> High Definition (<i>česky</i> vysoké rozlišení)
ch.	chirurgie, chirurgický
JAR	Jihoafrická republika
Kč	Koruna česká, měnová jednotka ČR (od roku 1993), mezinárodní označení dle ISO 4217 je CZK
lat.	latinsky, v latinském jazyce, z latiny
mil.	milion/y

MIS	<i>angl.</i> Minimally Invasive Surgery (<i>česky</i> minimální invazivní chirurgie)
mld.	miliarda/y
MNÚL	Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem
MRI, MR	<i>angl.</i> Magnetic Resonance Imaging (<i>česky</i> magnetická rezonance)
MS	Microsoft Corporation, americká softwarová akciová společnost se sídlem v Redmondu ve státě Washington, tvůrce OS Windows či MS Office
MS Excel	Microsoft Excel, tabulkový procesor od firmy Microsoft
MZ, MZČR	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
NASA	<i>angl.</i> National Aeronautics and Space Administration (<i>česky</i> Národní úřad pro letectví a kosmonautiku)
NNH	Nemocnice Na Homolce, Praha
NNJ	Nemocnice s poliklinikou v Novém Jičíně
NSZM	Nemocnice Svaté Zdislavy Mostiště
ob.	obyvatel, obyvatelé
ORL	otorinolaryngologie
řec.	řecky, v řeckém jazyce, z řečtiny
SR	Slovenská republika
SÚKL	Státní ústav pro kontrolu léčiv (státní úřad v ČR)
tis.	tisíc, tisíce
UK	<i>angl.</i> The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (<i>česky</i> Spojené království Velké Británie a Severního Irsku)
USA	<i>angl.</i> The United States of America (<i>česky</i> Spojené státy americké)
ÚVN	Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice Praha
UZV	ultrazvuk
VZP	Všeobecná zdravotní pojišťovna
ZZ	zdravotnické zařízení, zdravotnická zařízení

8 Slovník lékařských pojmů^[70]

Abdominální – břišní.

Absces – chorobná dutina vzniklá zánětem a vyplněná hnisem.

Adheze – srůst okolních tkání.

Adrenalektomie – ch. odstranění nadledviny.

Analgetická léčba – léčba bolesti analgetiky (léky proti bolesti).

Antirefluxní – vedoucí proti zpětnému toku žaludečních šťáv ze žaludku do jícnu.

Apendektomie – ch. odstranění slepého červovitého přívěsku tlustého střeva.

Apnoe – zástava dechu; krátké apnoe se mohou objevovat v průběhu běžného spánku, dlouhé přestávky v dýchání svědčí pro tzv. spánkový apnoický syndrom.

Benigní – nezhoubný.

Bradykardie – pomalá, zpomalená srdeční činnost, snížená tepová frekvence.

By-pass (též bypass) – ch. přemostění zúženého nebo uzavřeného úseku tepny.

Cysta – patologická dutina v orgánu.

Embolie – ucpání cévy v důsledku zanesení pohyblivého vmetku krví na místo zúžení.

Endoprotéza – protéza (umělá náhrada části těla, končetiny, chrupu aj., která plní funkci chybějícího orgánu), která se vkládá do lidského organismu.

Endoskopie – metoda k zobrazení vnitřních dutin pomocí optických přístrojů.

Enterostomie – ch. vyústění střeva břišní stěnou.

Flebotrombóza (též hluboká žilní trombóza) – stav, kdy se vytvoří uvnitř žíly krevní sraženina (trombus), která žilní řečiště úplně či částečně ucpe.

Gastroenterologie – obor zabývající se prevencí, diagnostikou a léčením chorob trávicího ústrojí (*řec.* gaster–žaludek, enteron–střevo).

Gastrostomie – umělý vývod žaludku přes břišní stěnu.

Hemikolektomie – ch. odstranění poloviny tlustého střeva.

Hypotenze – snížení krevního tlaku.

Hysterektomie – ch. odstranění dělohy.

Cholecystektomie – ch. odstranění žlučníku.

Choledochotomie – ch. podélné proříznutí (otevření) žlučovodu.

Imunosuprese – stav snížené imunity.

Inguinální herniotomie – ch. odstranění tříselné kýly.

Insufflace – vpravení, zavádění plynu (např. do tělní dutiny) z důvodů diagnostických nebo terapeutických. Provádí se při laparoskopických výkonech pro lepší viditelnost.

Intraluminální sonografie – ultrazvukem zobrazený vnitřek trubicovitého orgánu.

Kapnoperitoneum – umělé naplnění peritoneální dutiny oxidem uhličitým. Vytváří se uměle při laparoskopických operacích. Plyn se zavádí insuflátorem. Přetlak v břišní dutině je cca 1,6 kPa (12 mmHg).

Kavita – dutina.

Kolorektální – týkající se tlustého střeva (*řec. colon*) a konečníku (*lat. rectum*).

Laparoskopie – (*lat. laparo* – měkké místo v těle, *scope* – pozorovat) je endoskopická operační metoda břišní chirurgie, při které se pomocí endoskopických nástrojů pod kontrolou kamery provádějí operace orgánů břišní dutiny.

Lymfadenektomie – ch. odstranění mízních uzlin.

Maligní – zhoubný.

Metastáza – druhotné ložisko vzniklé zavlečením nákazy z primárního ložiska.

Motilita – hybnost či pohyblivost trubicových orgánů, např. trávicí trubice (střeva).

Myotomie – ch. řez svaalem (do svalu).

Nefrektomie – ch. odstranění ledviny.

Ovarium – vaječník.

Per os – *lat.* ústy.

Perikardektomie – ch. odstranění osrdečníku (obalu, ve kterém je uloženo srdce).

Peritoneum – pobřišnice.

Píštěl – nepřirozené kanálkovité propojení mezi orgány či cévami.

Pleurodéza – srůst pohrudnice.

Pneumonektomie – ch. odstranění plíce nebo její části.

Pneumotorax – nahromadění vzduchu v pleurální dutině, což je uzavřený prostor obklopující plíce a je ohraničený nástěnnou a plicní pleurou a je v něm podtlak.

Prostatektomie – ch. odstranění prostaty.

Resekce – ch. odstranění části orgánu.

Solidní – pevný (není dutý ani vyplněný tekutinou).

Splenektomie – ch. odstranění sleziny.

Stereotaktická neurochirurgie (též stereotaxe) – minimálně invazivní neurochirurgická metoda, která umožňuje malými operačními přístupy zasahovat v nitrolebním prostoru.

Sterilizace – ch. zákrok způsobící neplodnost.

Sutura – ch. spojení tkání pomocí jehel a nití; steh.

Sympatektomie – ch. přetětí sympatických nervových vláken, většinou v bederní oblasti. Sympatikus zužuje cévy, a proto jeho „vyřazení“ způsobí jejich rozšíření s následným zlepšeným prokrvením.

Trokar (též troakar) – nástroj určený k vyprazdňování tekutin z tělesných dutin; je to kovový nástroj, který se zavádí špičatým trojhranným bodcem procházejícím kovovou kanylou.

Tumor – nádor, novotvar.

Vagotomie – ch. přetětí bloudivého nervu (X. hlavový nerv – *lat.* nervus vagus)

Vena portae (*česky* vrátnicová žíla) – céva odvádějící krev ze sleziny a nepárových orgánů dutiny břišní do jater.

Veressova jehla – silná jehla používaná k punkcím v laparoskopické chirurgii k úvodnímu nabodnutí břišní dutiny; jejím prostřednictvím se insufluje plyn do peritoneální dutiny.

Varikokéla – rozšířená žilní pleteň v semenného provazce varlete.

9 Seznamy tabulek, grafů a obrázků

9.1 Seznam tabulek

Tabulka 1	Nejčastější miniinvazivní chirurgické zákroky	13
Tabulka 2	Výhody a nevýhody lidských a robotických schopností.....	19
Tabulka 3	Přehled zdravotnických zařízení s dV instalací v ČR a jejich specifikace	44
Tabulka 4	Počty instalací dV v zemích Ameriky a Evropy (stav k 31. 3. 2015).....	45
Tabulka 5	Počty instalací dV v zemích mimo Evropu a Ameriku (stav k 31. 3. 2015).....	46
Tabulka 6	Celosvětový počet instalací dV (stav k 31. 3. 2015).....	46
Tabulka 7	Srovnání ČR s populačně srovnatelnými zeměmi Evropy.....	47
Tabulka 8	Počty dV výkonů v ČR dle oborů (stav k 30. 6. 2015).....	48

9.2 Seznam grafů

Graf 1	Vývoj počtu dV výkonů v ČR dle oborů (stav k 30. 6. 2015).....	49
Graf 2	Celosvětový počet dV výkonů (do roku 2014 a predikce 2015)	50

9.3 Seznam obrázků

Obrázek 1	CT scanner	21
Obrázek 2	CyberKnife	21
Obrázek 3	AESOP	22
Obrázek 4	RoboDoc	23
Obrázek 5	Acrobot.....	24
Obrázek 6	NeuroMate.....	24
Obrázek 7	Chirurgický robotický systém ZEUS	25
Obrázek 8	Chirurgický robotický systém da Vinci	26
Obrázek 9	Schéma operačního sálu při výkonu dV operace	32
Obrázek 10	Ovládací konzole.....	33
Obrázek 11	Operační konzole	34
Obrázek 12	Detail konce endoskopu	35
Obrázek 13	Chirurgické nástroje	36
Obrázek 14	Videověž	36
Obrázek 15	Da Vinci I. generace Standard	37
Obrázek 16	Da Vinci II. generace S	38
Obrázek 17	Da Vinci III. generace Si.....	39
Obrázek 18	Da Vinci IV. generace Xi.....	40

10 Přílohy

Příloha 1	Zadání diplomové práce.....	i
------------------	-----------------------------	---

Příloha 1 Zadání práce



UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ
Fakulta informatiky a managementu
Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové, tel: 493 331 111, fax: 493 332 235

Zadání k závěrečné práci

Jméno a příjmení studenta: **Jan Kostřiba**
Obor studia: **Informační management (2)**
Jméno a příjmení vedoucího práce: **Karel Mls**

Název práce:
Robotická chirurgie v České republice

Název práce v AJ:
Robotic Surgery in the Czech Republic

Podtitul práce:

Podtitul práce v AJ:

Cíl práce: Zhodnocení a analýza současného stavu robotické chirurgie v České republice na základě rešerše dostupných dat a provedení dotazníkového šetření.

Osnova práce:

1. Úvod
2. Literární rešerše
3. Specifika robotické chirurgie
4. Aktuální problematika v ČR
5. Zhodnocení situace
6. Mezinárodní srovnání
7. Diskuse
8. Závěr

Projednáno dne: *14. 10. 2014*

Podpis studenta

Podpis vedoucího práce