

ROBOTI VE ZDRAVOTNICTVÍ

Martin Juříček

Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology
Institute of Automation and Computer Science
Technická 2896/2, Brno 616 69, Czech Republic
200543@vutbr.cz

Abstrakt: Semestrální práce pojednává o vzestupu aplikací robotů ve zdravotnictví. Je zaměřena na popis operačního robota Da Vinci a kolaborativního robota KUKA LBR Med. V další části je také popsána aplikace robotů a jejich smysluplné využití ve zdravotnictví.

Klíčová slova: kolaborativní roboti, operační roboti, lékařští roboti, robot Da Vinci, KUKA LBR Med, aplikace robotů

1 Úvod

Vypuknutím celosvětové pandemie onemocnění COVID-19 vyvstal fakt, že jedním z neklíčovějších sektorů ve společnosti je zdravotnictví. V nemocnicích, poliklinikách a ordinacích byli vystavováni lékaři i zdravotní sestřičky a bratři, přímému kontaktu s možnými nakaženými pacienty, a tak mnohdy i celá oddělení byla donucena na určitou dobu pozastavit svá plánovaná vyšetření a případné operace, z důvodů nákazy personálu. Proto v této nelehké době se mnoho výzkumných týmů snažilo přijít s nápady na řešení a ulehčení práce zdravotnickému personálu. Návrhy byly zaměřeny kupříkladu na dezinfekci prostor za pomoci mobilní platformy s kolaborativním robotem, snímání vzorků z nosohltanu pro testování za použití kolaborativního robota, také vznikaly pokusy použití algoritmů umělé inteligence zpracování obrazu pro identifikaci nakaženého člověka. Mezi tyto týmy můžeme řadit i výzkumníky z Fakulty strojního inženýrství, Vysokého učení technického v Brně, kdy tým z Ústavu automatizace a informatiky přišel s řešením automatizovaného testování vzorků na COVID-19. Toto robotické pracoviště je osazeno kolaborativním robotem ABB IRB 14050 a dalšími přístroji, které vytváří zcela automatizovaný proces. Projekt pod názvem openTube nachází využití v biohazard boxech nebo v případně toxických laboratořích cytostatik [1].

Využití robotů ve zdravotnictví má však svůj původ již v 80. letech minulého století, kdy byl použit první operační robot PUMA 560. Robot PUMA 560 byl poprvé nasazen v roce 1985 při stereotaxické¹ operaci, kdy úkolem robota bylo zavést jehlu do mozku pro biopsii². Při této operaci robot využíval počítačovou termografii[2]. Použitím robota se snížilo riziko případného zatřesení operačního nástroje, kuproti konvenčně operujícímu doktorovi, což vedlo k preciznější operaci a důkazu, že roboti mají své místo i ve zdravotnictví.



Obrázek 1: openTube

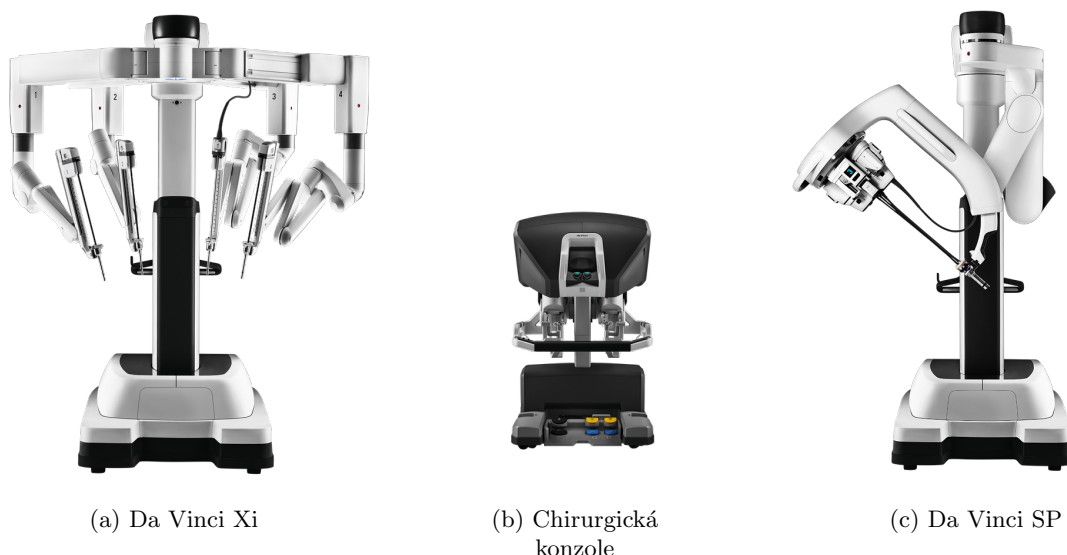
¹Stereotaxe je metoda umožňující dosahovat jednotlivých mozkových struktur podle zevních rozměrů lebečních.

²Biopsie je diagnostická metoda, která se používá k upřesnění biologické povahy odebrané tkáně, či buněk.

2 Roboti vyvinutí pro lékařské nasazení

2.1 Operativní robot Da Vinci

Jedním z nejznámějších operativních robotů se stal Da Vinci. První řada Da Vinci operativního robota spatřila světlo světa v roce 1999. Nejnovější generace nese označení Da Vinci X, Xi, SP, přičemž se jedná již o čtvrtou generaci, kterou zastřešuje firma Intuitive se sídlem v Kalifornii. Své prvenství si v České republice připsala nemocnice na Homolce, která jako první umožňovala operace pomocí Da Vinci Xi. Tento operační systém se skládá z vizuálního systému, konzole chirurga a robotických zápěstí s nástroji. Da Vinci systém primárně nefunguje autonomně, nýbrž k jeho ovládání je zapotřeba operátor. Operátor má možnost ovládat robotické ramena s nástroji a binokulární kamerou z ovladač chirurgické konzole. Své popularity si tento systém dostal díky splnění podmínek minimálního invazivního přístupu s eliminací nežadoucího třesu. Dominantou byla možnost 3D vizualizace pomocí binokulárního kamerového systému, což mělo za následek mnohem větší obratnost i ve stísněných prostorech. Svou také nespornou výhodou je to, že operátor může při dlouhých a náročných operacích sedět a být v komfortním rozpoložení. Sedmiosá robotická ramena jsou upevněna na pohyblivou konstrukci. Váha této sestavy činí cca 544 kg, přičemž je vysoká 175 cm. Robotická ramena mají integrováno mnoho bezpečnostních prvků i senzorů jako jsou například hallovy, optické, magnetické či infračervené snímače. Systém Da Vinci integruje vlastní OS spravovaný firmou Intuitive, avšak lze se k robotu připojit i například pomocí ROS package dvrk-ros [3]. Samotný robot má pevně definované koncové nástroje, které jsou také dodávány, vyvíjeny a spravovány firmou Intuitive, která současně nabízí velké množství těchto chirurgických koncových nástrojů. Tyto nástroje se liší podle typů operací a také úkonů jako je například otevření či sešívání pacienta a jiné. Cena tohoto robotického zařízení se pohybuje v rozmezí od 1.2 milionů dolarů až do 2 milionů dolarů [4].



Obrázek 2: Da Vinci robotický systém

2.2 KUKA LBR Med

Jedna z nejvýznamnějších firem na poli robotiky KUKA, má i své zastoupení medicínského kolaborativního robota s označením LBR Med. Jedná se o 7-osého kolaborativního robota, kterého firma distribuuje ve dvou variantách: LBR Med 7 R800 a LBR Med 14 R820. Dosah typu LBR Med 7 R800 činí 80 cm s nosností 7 kg a samotnou váhou 25.5 kg, přičemž jeho opakovatelnost polohy je ± 0.1 mm. Kdežto typ s označením LBR Med 14 R820 má dosah 82 cm s nosností 14 kg a váhou 32.3 kg. Opakovatelnost polohy se také liší od prvního typu o ± 0.05 mm. Kolaborativní robot LBR Med je certifikován CB v souladu s IEC 60601-1 a IEC 62304, přičemž KUKA garantuje mnoho bezpečnostních funkcí jako jsou konfigurovatelné bezpečnostní pohyby, bezpečnost jedné poruchy či obvodu. K dosažení maximální bezpečnosti kobot integruje snímače síly a momentu, i také další podpůrné snímače, které mají za úkol se vyvarovat kolizi. LBR Med má certifikovanou protekci IP54, přičemž je odolný vůči vniknutí cizích předmětů a částečně prachu, současně je kryt před nebezpečným dotykem jakoukoliv pomůckou. V poslední řadě je kryt před vniknutím stříkající vody ze všech úhlů [5].

3 Aplikace robotů ve zdravotnictví

3.1 Fyzioterapeutický systém ROBERT

Pro pacienty, kteří prodělali cévní mozkové příhody nebo jsou po ortopedických operacích, je nutný rekonvalescenční pohyb, aby se klouby a svalový aparát lépe hojil, a současně také, aby se předešlo možné budoucí komplikaci omezeného pohybu. Proto přišel v roce 2014 dán Lasse Thomsen s myšlenkou robotizovaného rehabilitačního systému, který měl usnadnit zdravotnímu personálu tyto úkoly. Na základě této myšlenky vznikla spolupráce mezi společnostmi KUKA a Life Science Robotic. Tato spolupráce měla za následek spojení kolaborativního robota KUKA LBR Med s pohyblivou platformou a softwarovým vybavením, kdy v neposlední řadě svou nepostradatelnou roli má koncový nástroj, který je určený k fyzioterapeutickým úkonům. Cílem bylo vytvořit uživatelsky jednoduchý systém, aby se ho naučili ovládat co nejrychleji terapeuti nebo i například zdravotní sestry či bratři. Systém Robert je navržen tak, aby pracoval velmi individuálně, flexibilně a přesně. Další výhodou je, že může provádět téměř naprosto stejné pohyby bez přerušení, únavy nebo časových omezení [6].



(a) Systém ROBERT



(b) KUKA LBR Med

Obrázek 3: Fyzioterapeutický systém ROBERT

3.2 Modus V

Kolaborativní roboti mají své místo i například v operačním sále, kdy při neurální chirurgii lze využít plně automatizovaný robotický digitalní mikroskop Modus V od společnosti Synaptive. Jedná se o kombinaci jedné z nejpokročilejších technologií zobrazovacích metod, vizualizačního systému a kolaborativního robota. Kolaborativní robot je modifikací původního robota UR10 od firmy Universal Robots, tak aby splňoval podmínky hygieny. Systém využívá stereoskopickou 3D vizualizaci, která poskytuje přirozené vnímání hloubky a realistické chirurgické pohledy pro přesnost během náročných chirurgických úkonů. Optická konstrukce zaručuje výrazně větší objem zobrazení než standardní mikroskop a vylepšené zpracování videa, které poskytuje nerušený a jasný náhled. Celý systém a nastavení lze ovládat pomocí hlasových příkazů, což má za následek zvýšení ergonomie při operaci [7, 8].



Obrázek 4: Modus V v operačním sále

3.3 UVD ROBOTS

Dalším smysluplným využitím robotů ve zdravotnictví je robozitozovaný dezinfekční systém. Firma UVD robots přišla s dezinfekčním systémem, který se skládá z mobilní platformy a výkoného UV-C zářiče. Firma distribuuje 2 modely (model-C a model-D). Nejnovější model-C je již 3. generace, tento model je schopen dezinfikovat malé i velké plochy jednoduše pouhým projížděním. Robot je schopen dezinfikovat všechna prostředí, která potenciálně obsahují nebezpečné mikroorganismy, a současně je velmi šetrný k povrchům. Jeho šířka je pouhých 55 cm, tudíž se může pohybovat i ve velmi stísněných prostorech. Tito autonomní roboti disponují laserové skenery a 3D kamery. Tyto senzory mají primárně za úkol rozpoznávat překážky a poskytovat informace k plánování trasy. Robota lze i ovládat ručně z dálky, je schopen operátorovi vytvořit teplotní mapu a mapu expozice, pro zlepšení dezinfekce prostoru. Systém robotů obsahuje několik bezpečnostních funkcí, které detekují, zda-li někdo vstoupí do místnosti, která je dezinfikována a následně proces pozastaví. Další bezpečnostní funkcí je, že robot sleduje, zda-li se i při manuálním ovládání nenechází příliš blízko překážce. Čas aktivního dezinfikování je odhadován na 2 až 2.5 hodiny, přičemž nabíjecí čas jsou 3 hodiny. Maximální rychlost činí až 5.4 km/h a je schopen se pohybovat ve všech směrech [9].



(a) Model-B při procesu dezinfekce

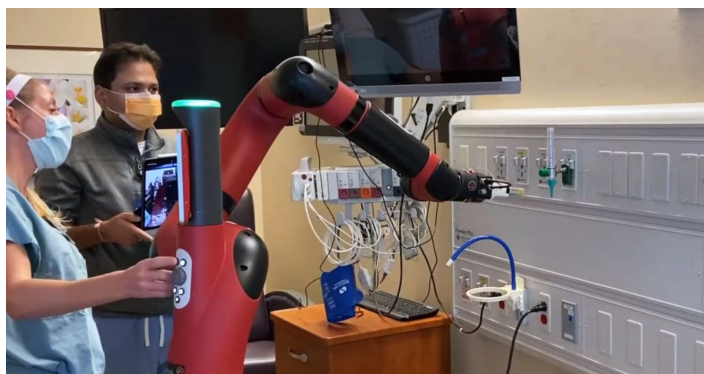


(b) Model-B a Model-C

Obrázek 5: UVD ROBOTS

3.4 Zdravotnický kolaborativní pracovník

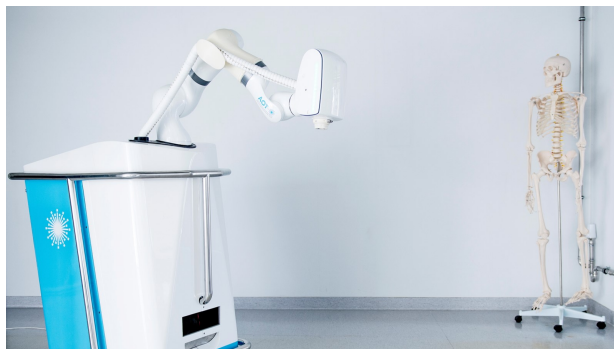
Využití hledají i kolaborativní roboti jako obsluha zdravotnických přístrojů. Robot Sawyer od firmy Rethink Robotics je testován ve vytvořeném JIP prostředí v Mayo Clinic Medical Simulation Center. Robot Sawyer Black edition byl vybrán z důvodů poměrně výkonné integrované kamery Cognex, ale především kvůli velmi snadnému programování, ať už z laptopu v rámci web-based aplikace Intera, případně stolního PC nebo ovládání přímo z integrovaného tabletu na robotovi. Také je tu možnost ovládání pomocí základních hlasových příkazů. Tento 7-osý kolaborativní robot s maximální nosností 4 kg byl testován pro základní operace s přístroji na jednotce intenzivní péče. Operace jsou principovány tak, aby reagoval na různé výstrahy a obstarával přístroje z větší části sám, autonomně. Příkladem jednoho z mnoha úkolů je obsluha přístroje, kde robot drží tlačítko pro nitrožilní infúzi léků. Některé úkoly mohou být stále velmi komplexní a budou vyžadovat přítomnost zdravotního personálu, avšak vzhledem k pandemii onemocnění COVID-19 je zde alespoň částečná pomoc zdravotnímu personálu a to hned v několika ohledech [10].



Obrázek 6: Robot Sawyer při testování

4 Závěr

Své využití nalézá kolaborativní robotika nejenom ve strojním či elektroprůmyslu, nýbrž i ve zdravotnictví, kde mohou kolaborativní roboti pomáhat operujícím chirurgům k přiblížení zobrazení dané otevřené části člověka, a tak zvýšit ergonomii při této namáhavé činnosti. Svou výhodu mají kolaborativní roboti i v prostorách biohazard, kde mohou neúnavně testovat vzorky, aniž by musel laborant riskovat nákazu. Také své opodstatnění mají koboti při pooperačních rehabilitačních úkonech, kdy mohou repetitivně a přesně pomáhat pacientům a tak odlehčit zdravotním sestřičkám a bratrům práci. Uplatnění také nacházejí na operační sále jako důmyslný pomocník kupříkladu k řezání kostí suchým laserem jak představila své řešení v roce 2019 firma AOT. Své zásluhy sebou nesou i autonomní platformy, které mohou dezinfikovat prostory nebo převážet léky pacientům. Za pomoci pokročilé robotiky a algoritmů umělé inteligence je zřejmé, že roboti se stanou nedílnou součástí ve zdravotnictví jako důmyslný a vytrvalý pomocník zdravotnickému personálu.



Obrázek 7: AOT Carlo

Odkazy

- [1] KADRNOŽKOVÁ, Tereza. *Robot z VUT ušetří práci laborantům. Pomáhat by mohl se vzorky COVID-19 ve FN Brno* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2020 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/vut/f19528/d199452>.
- [2] MOORE, Eric J. *Robotic surgery* [online]. 2018 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/robotic-surgery>.
- [3] CHEN, Z.; DEGUET, A.; TAYLOR, R. H.; KAZANZIDES, P. *Software Architecture of the Da Vinci Research Kit* [online]. 2017, 180–187 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z DOI: 10.1109/IRC.2017.69.
- [4] *da Vinci X User manual* [offline katalogový list]. Intuitive Surgical, [n.d.] [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://manuals.intuitivesurgical.com/home>.
- [5] *KUKA brochure medical robotics LBR Med* [online katalogový list]. KUKA, [n.d.] [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/en-gb/industries/health-care/kuka-medical-robotics/lbr-med>.
- [6] *In times of Social Distancing: Rehab Robot Supports Physiotherapists* [online]. KUKA, 2020 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/en-de/press/news/2020/04/robert-rehab-robot>.
- [7] *Modus V: Experience next-generation automation, visualization, and robotics* [online]. Synaptive [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.synaptivemedical.com/products/modus-v/>.
- [8] MUHAMMAD S., Lehecka M. et al. *Preliminary experience with a digital robotic exoscope in cranial and spinal surgery: a review of the Synaptive Modus V system* [online]. 2019, **161**, 2175–2180 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00701-019-03953-x>.
- [9] *MODEL C REVOLUTIONIZING INFECTION PREVENTION* [online]. UVD Robots [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.uvd-robots.com/modelc>.
- [10] W. DAVID FREEMAN, Devang K. Sanghavi et al. *Robotics in Simulated COVID-19 Patient Room for Health Care Worker Effector Tasks: Preliminary, Feasibility Experiments. Mayo Clinic Proceedings: Innovations, Quality and Outcomes* [online]. 2021, **5**(1), 161–170 [cit. 2021-03-09]. ISSN 2542-4548. Dostupné z DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2020.12.005>.