

Medical Robotics Reports

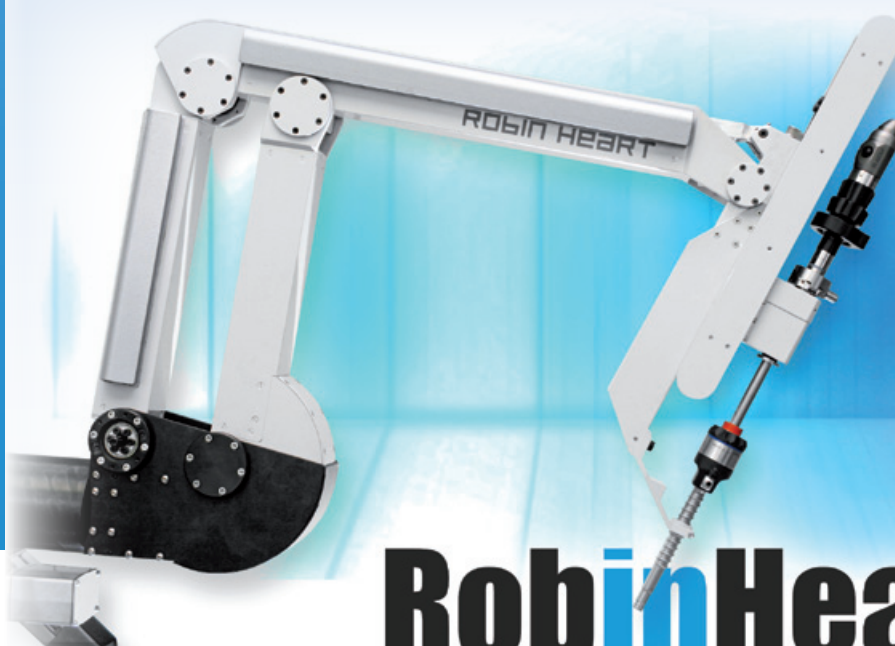
www.medicalroboticsreports.com

Robin Heart Story

Robotyka medyczna w Polsce

Medical Robotics 2012
International Conference

STIFF-FLOP



OFFICIAL JOURNAL OF ISMR

International Society
for Medical Robotics



RobinHeart

SYSTEM

MEDICAL ROBOTS



Dear **Readers**,

You hold in your hands the first issue of the journal of 'Medical Robotics Reports' (**MR R**). With this we initiate a new forum for exchanging ideas, conducting scientific disputes and presenting the latest designs of medical robots.

MR R is the official journal of the **International Society for Medical Robotics ISMR**. We intend to publish it twice a year. The journal will also be available at the website www.medicalrobots.eu. Each issue will deal with reports on medical robotics development in particular countries, different fields of application as well as analysis of the latest implemented technological solutions.

In this first bilingual issue we want to emphasize the potential of Polish research groups and mention the chance and the ability to produce medical robots in Poland. We aim to start in Poland production of medical robots based on Robin Heart project. Therefore, the first issue of journal could not do without the publication of the current state of this pioneering Polish project and also general **state of the art** of medical robotics in Poland.

The national and international **grants** play great and important role in rapid development of medical robots. On 4–6 December the meeting of European 7FP project Stiff-Flop group, working on a new surgical bio inspired robot will be held in Zabrze. We present in the MR R a brief description of the project and programme of this extraordinary meeting.

On 7 December we are meeting for the tenth time in Zabrze on the specialized **Medical Robots 2012** international **conference**. Our conference brings together representatives of various scientific specialisations: doctors, biologists, engineers – people of different ages and different nationalities. However, one thing connects us: care about sick person and support to the doctors in the treatment of patients. In this issue of the Journal you will find programme and an example of prepared speeches on this conference – Swiss work concerning a robot prototype used for spinal surgery.

The Journal, where do I hope you will find, dear readers, a lot of knowledge from unique fields of science and techniques, but first of all it will give the inspiration and belief in the sense of common actions of multidisciplinary research groups, creating contemporary medicine instrumentation. I hope you will enjoy reading this new journal and find it interesting and useful. This is **your forum**! We are waiting for your proposals, suggestions and... papers.

Together we will easily overcome the problems and create an important and influential group of perhaps the most significant for the future of civilization science and technology section! After the great progress of telecommunications (distance transmission of information) it is now time for the development of tele-action (distance transmission of action, work). So it is the place for robots. The **robot** is one of the few words of Slavic origin, which entered the global language of modern science, technology and art. And the robot which helps people and is their partner will play the most important role in the human future, in the art of the future.

Zbigniew Nawrat
ISMR President

Medical Robotics Reports

Redakcja: ul. Wolności 345a, 41-800 Zabrze

Wydawca: Międzynarodowe Stowarzyszenie na rzecz Robotyki Medycznej ISMR

Redaktor naczelny: dr Zbigniew Nawrat

Dyrektor zarządzający: lek. Dominik Pawliński

Okładka: autorem zdjęcia jest Mariusz Jakubowski

Korekta i DTP: Marek Szulc

Webmaster: lek. Aleksander Biesiada

www.medicalroboticsreports.com

Druk: Fischer Poligrafia, www.fischer.pl

Redakcja zastrzega sobie prawo adiustacji, skracania oraz zmiany tytułów nadesłanych materiałów. Opinie zawarte w artykułach wyrażają poglądy autorów i nie muszą być zgodne ze stanowiskiem Redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść zamieszczonych reklam. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Drogi Czytelniku,

Oddaję w Twoje ręce pierwszy numer czasopisma „Medical Robotics Reports” **MR R**. Otwieramy tym samym nowe forum wymiany poglądów, prowadzenia sporów naukowych i prezentacji najnowszych osiągnięć konstrukcyjnych robotów medycznych.

„Medical Robotics Reports” to oficjalne czasopismo **Międzynarodowego Stowarzyszenia na rzecz Robotyki Medycznej ISMR**. Zamierzamy je wydawać dwukrotnie w ciągu roku. Czasopismo będzie również dostępne na portalu www.medicalrobots.eu. W każdym wydaniu pojawi się raport stanu rozwoju dziedziny w różnych krajach i/lub raport dotyczący technologii czy potrzeb aplikacyjnych robotyki medycznej.

W tym, dwujęzycznym, pierwszym wydaniu czasopisma chcemy podkreślić potencjał polskich grup badawczych i wskazać na szansę, możliwość produkowania w Polsce robotów medycznych. Zmierzamy do uruchomienia w Polsce produkcji robotów medycznych w oparciu o projekt Robin Heart. Dlatego w pierwszym numerze czasopisma nie mogło zabraknąć publikacji o stanie tego pionierskiego polskiego projektu.

Wielką rolę w rozwoju robotyki medycznej odgrywają prace wykonywane w ramach projektów, grantów krajowych i międzynarodowych. W dniach 4–6 grudnia w Zabrzu spotyka się grupa europejskiego projektu **Stiff – Flop**, pracująca nad nowym, bioinspirowanym robotem chirurgicznym. Zamieszczamy w MR R krótki opis projektu i plan tego niezwykłego spotkania. W grudniu, dokładnie 7 grudnia, już po raz dziesiąty spotykamy się w Zabrzu na specjalistycznej, międzynarodowej **konferencji Roboty Medyczne**. W czasie naszej konferencji spotykają się przedstawiciele różnych specjalności naukowych, lekarzy, biologów, inżynierów. Ludzie różnego wieku i różnej narodowości. Jedno nas jednak łączy: troska o chorego człowieka, pomoc lekarzowi i jego pacjentowi. Zamieściliśmy w tym wydaniu program konferencji i przykładowy wykład – szwajcarską pracę na temat robota chirurgicznego kręgosłupa.

Drogi Czytelniku, mam nadzieję, że znajdziesz tu sporo wiedzy z unikalnych dziedzin nauki i techniki, ale przede wszystkim inspiracje i wiarę w sens wspólnych działania multidyscyplinarnych zespołów badawczych tworzących współczesne instrumentarium medycyny. Mam nadzieję, że będziecie korzystali z tego nowego czasopisma naukowego. To jest **Wasze Forum!** Czekamy na propozycje, sugestie i... prace naukowe.

Razem łatwiej rozwiążemy problemy i będziemy tworzyć ważne opiniotwórcze grono w zakresie najważniejszego obecnie dla przyszłości cywilizacji



działu nauki i techniki. Po wielkich postępach telekomunikacji (przesyłania na odległość informacji) czas obecnie na rozwój tele-akcji (przesyłania na odległość działania). Czyli roboty. Słowo **robot** to jedno z niewielu słów słowiańskiego pochodzenia które weszło do powszechnego języka nauki i sztuki. A ten robot, który pomaga człowiekowi, jest jego partnerem, odegra najważniejszą rolę w przyszłości człowieka, w sztuce przyszłości.

Zbigniew Nawrat
ISMR President

Spis treści:

- 4 • Wprowadzenie do robotyki medycznej - Zbigniew Nawrat**
- 7 • Robotyka medyczna w Polsce - Zbigniew Nawrat**
- 17 • Medical Robots 2012 International Conference**
- 19 • The Robin Heart story - Zbigniew Nawrat**
- 22 • Development of a robotic system for spinal surgery - Szymon Kostrzewski, John Michael Duff MD FACS, Charles Baur, Mariusz Olszewski**
- 27 • STIFF-FLOP - Kaspar Althofer**
- 29 • International Society for Medical Robotics**
- 31 • The Foundation of Cardiac Surgery Development...**

Wprowadzenie do robotyki medycznej

ZBIGNIEW
NAWRAT

Abstract

The robot is one of the few words of Slavic origin, which entered the global language of modern science and technology. Medical robotics, as the technical discipline, deals with the synthesis of certain functions of the doctor or nurse by means of using some mechanisms, sensors, actuators and computers. It includes the manipulators and robots dedicated to support the surgery, therapy, prosthetics and rehabilitation. Medical robots have proven the effectiveness and efficiency of use in diagnosis, surgery and rehabilitation at present.

Medical robots improving the quality and creates an opportunity to introduce a new standards because between the diagnosis and the decision, between the decision and action is a computer control system.

Since the start of the project Robin Heart and the organization of regular thematic conferences Zabrze is still a place of inspiration, education, exchange of experiences and views and the greatest advances Polish medical robotics. In Zabrze was founded International Society for Medical Robotics ISMR. The Society's objectives are:

- 1. support of the development and dissemination of knowledge of medical robotics;*
- 2. support of the advancement of medical and technical sciences, in particular: surgery, cardiac surgery, mechatronics, information technology and tele-communication, automatics, robotics and other related fields.*

The official ISMR website is www.medicalrobots.eu.

Men are from Mars, women are from Venus and robots from Earth. Robots are the most powerful tools of people. Medical robots will decide about the future of the human condition in the next century.

MĘŻCZYŹNI SĄ Z MARSZA, KOBIECY Z WENUSA, A ROBOTY... Z ZIEMI

Roboty to najbardziej zaawansowane narzędzia ludzi. Wprowadzamy je zwykle tam, gdzie praca człowieka jest niezbędna, ale zbyt niebezpieczna lub niemożliwa do wykonania osobiście. Wśród robotów

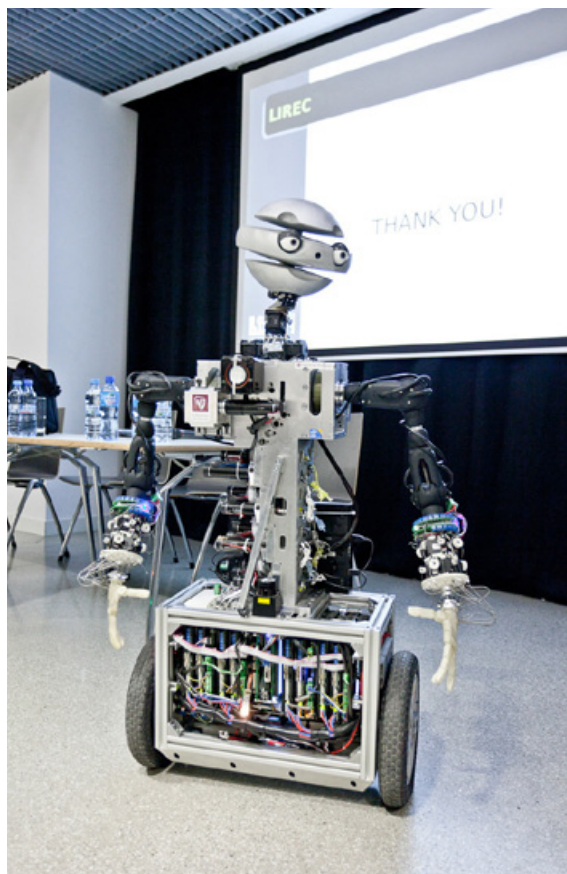
zaś, te które służą opiece medycznej są największym wyzwaniem dla konstruktorów. Muszą spełniać zarówno kryteria techniczne niezawodności i funkcjonalności, jak i warunki bezpieczeństwa biologicznego oraz umiejętności działania w środowisku, otoczeniu stworzonym przez ludzi dla ludzi.

Robota od automatu głównie odróżnia możliwość

aktywności w przestrzeni człowieka, dzięki układom sensorycznym i systemowi decyzyjnemu opartemu na analizie dostarczanych przez nie informacji. W przypadku telemanipulatora kieruje robotem człowiek. Według kryterium przeznaczenia dzielimy roboty na przemysłowe, naukowe i szkoleniowe, badawcze (np. eksplorujące przestrzeń kosmiczną czy podwodną), medyczne, usługowe, specjalne i inspekcyjne (np. ratunkowe).

Robot to jedno z niewielu słów słowiańskiego pochodzenia, które weszły do światowego języka współczesnej nauki i techniki. „**Robota**”, sztuczną istotę stanowiącą imitację człowieka, zdyscyplinowaną, wydajną i wolną od uczuć, wymyślił czeski pisarz Karel Capek, który w 1920 napisał dramat fantastyczno-naukowy „R.U.R. – Roboty Uniwersalne Rossuma”. W tym kontekście robota medycznego można uznać za imitację lekarza czy pielęgniarki wykonujących określone zadania w sposób bardziej precyzyjny, powtarzalny wg przyjętego standardu. Roboty medyczne stanowią szansę wprowadzenia nowej jakości standardów usług ponieważ pomiędzy diagnozą a decyzją, pomiędzy decyzją a działaniem jest komputerowy system kontrolny.

W 1986 roku OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) znalazła aż 400 możliwych zastosowań robotów w medycynie i służbie zdrowia. Trudno dziś znaleźć dowody na słuszność tego stwierdzenia w obiektach służby zdrowia i domach chorych. Jednakże aktywność naukowa, pomyślność konstruktorów i kolejne postępy technologii stosowanej w robotyce dowodzą ogromnego potencjału tej multidyscyplinarnej dziedziny. Grupa związana z Laboratorium Biomechaniki i Ortopedii oraz Instytutem Komputerowej Medycyny z Mannheim (Niemcy) opracowuje bazę robotów medycznych MERODA (MEdical Robotics Database) [www.ma.uni-heidelberg.de/apps/ortho/meroda/robdatt.php]. Kolejny portal to www.allaboutroboticsurgery.com. Można tam znaleźć kilkadziesiąt, w większości prototypo-



wych robotów konstruowanych do zastosowań medycznych.

Ostatnie lata dowodzą, że roboty mogą być partnerem człowieka, czasem niezbędnym, dla wykonywania usług medycznych na poziomie gwarantującym bezpieczeństwo i jakość wykonywanych działań, niemożliwą do osiągnięcia w klasyczny sposób. Niezwykły rozwój tele-komunikacji tworzy podstawy do kolejnej rewolucji; upowszechnienia tele – akcji. Potrafimy już przysyłać na odległość informację, by zaś działać na odległość – potrzebujemy po drugiej stronie telefonu komórkowego czy konsoli sterowania narzędzie wykonawcze – roboty, telemanipulatory. Robotyka medyczna jest szansą na aktywną pomoc medyczną udzielaną na odległość.

Robotyka medyczna i rehabilitacyjna koncentruje się na wykorzystaniu robotów do celów diagnostyki, chirurgii, terapii, wspomagania funkcji kończyn górnych i dolnych człowieka, pielęgnacji pacjentów.

Roboty medyczne dzielimy na:

- roboty chirurgiczne (narzędzia zwiększające jakość, precyzję interwencji chirurgicznej i często zmniejszające inwazyjność operacji),
- roboty opiekuńcze, socjalne (maszyny, które zwiększają jakość życia ludzi starszych, zniepełniających, z niewydolnymi narządami ruchu - zwiększają ich samodzielność),



- roboty rehabilitacyjne (roboty służące do terapii, treningu, rehabilitacji poprzez kontrolowany ruch rehabilitowanych narządów ruchu),
- roboty ratunkowe (roboty wykorzystywane zdalnie lub autonomicznie do akcji ratunkowych w różnym środowisku i różnych warunkach zagrożenia życia),
- sztuczne narządy (zrobotyzowane elementy zastępcze niektórych narządów organizmu człowieka),
- bioroboty (roboty naukowe naśladujące ludzi lub zwierzęta, roboty wykorzystywane dla celów poznawczych - neurofizjologii, patologii mózgu czy samoorganizacji społecznej),
- edukacyjne roboty medyczne (roboty wykorzy-



stywane do nauki zawodu lekarza, pielęgniara czy ratownika, symulatory pacjenta).

W związku ze specyfiką operacji chirurgicznej i wagą bezpieczeństwa stosowane obecnie roboty medyczne są głównie teleoperatorami, pozostawiając wszystkie decyzje dotyczące ruchu i działania efektora lekarzowi.

Robotyka medyczna zakłada kontakt bezpośredni z ciałem lub pośredni wpływ na człowieka. Ten

problem występuje również dla coraz powszechniejszych robotów usługowych-domowych. Jest ogromne zainteresowanie robotami rehabilitacyjnymi oraz robotami osobistymi stosowanymi do obsługi osób starszych i niepełnosprawnych w domach. Wobec starzenia się społeczeństwa będzie to w przyszłości najsilniej rozwijany kierunek robotyki, wielkie wyzwanie inżynierskie o wielkiej sile ekonomicznej i marketingowej.

Zrobotyzowane urządzenia pomagają we wszystkich życiowych zadaniach takich jak przemieszczanie się, spożywanie posiłków, prostych pracach mechanicznych, nauce i rozrywce. Robot partnerujący człowiekowi musi nie tylko poruszać się w przestrzeni urbanistycznej stworzonej przez człowieka dla człowieka ale również powinien rozumieć zachowanie, sposób pojmowania rzeczywistości przez człowieka.

Roboty powszechnie stosowane są w urządzeniach diagnostycznych oraz w przemyśle medycznym i farmaceutycznym. Roboty mogą być również wykorzystane do testowania urządzeń medycznych. Prężnie rozwijany jest dział mini robotów diagnostycznych i terapeutycznych. Bio-roboty zmniejszają zapotrzebowanie na operacje na zwierzętach i rozwiązują problemy etyczne związane z poszukiwaniem odpowiedzi naukowych w eksperymentach in vivo.

Tworzone są modele komputerowe i pierwsze modele fizyczne mikro-robotów i nanorobotów, które będą mogły odegrać istotną, aktywną rolę w procesach naprawczych organizmu działając na poziomie skali jeszcze do niedawna zarezerwowanych dla reakcji biochemicznych i procesów genetycznych organizmu.

W 2010 r. podczas corocznej konferencji Roboty Medyczne pomni wagi nowej dziedziny powołaliśmy do życia Stowarzyszenie na rzecz Robotyki Medycznej. To forum wymiany poglądów specjalistów ale też możliwość tworzenia wpływowego grona walczącego właściwą pozycję w różnych działaniach społecznych i politycznych (w zakresie finansowania działań naukowych i badawczych).

Roboty medyczne stanowić będą o przyszłości kondycji człowieka następnego wieku. Czas ruszyć więc do pracy, do roboty, do robota...

Robotyka medyczna w Polsce

Abstract

Medical Robots in Poland - State of Art

Poland is a country with considerable intellectual resource in the field of medical robotics. Several thousand graduates every year is different specializations of robotics, automation, and bioengineering. Many academic insert in its range of scientific studies medical robotics. 10 years of Polish medical robotics was a time of high activity and scientific research, particularly in the field of robot for surgery and rehabilitation. We hope that the time is near the first clinical application and market launch. The Robin Heart surgical telemanipulator has the potential to become a European robot widely used in many branches of surgery. The original robot and mechatronic tools successfully passed the laboratory experiments and animal studies. Thanks to developed also educational and promotional program accompanied the research work Poland can now be an attractive partner for projects in the field of medical robotics. The article discusses the developments on surgical and rehabilitation robotics in Poland.

**ZBIGNIEW
NAWRAT**

Keywords:

**medical
robots,
surgical tools,
surgery,
rehabilitation**

MAŁY MANIFEST

Jesteśmy świadkami ważkiej zmiany w systemie ochrony zdrowia. Służba zdrowia (czyli powinność) przekształcona w usługę (czyli możliwość realizacji zadania po spełnieniu pewnych koniecznych warunków) zmienia się technologią zdrowia. W technologii zdrowia rola lekarza jest równie istotna jak aparatury medycznej. Coraz większe znaczenie dla oceny efektywności leczenia będzie miał dostęp do właściwych technologii i urządzeń. Zbudowaliśmy świat coraz bardziej cyfrowy. Potrafimy gromadzić, przesyłać i analizować informacje dotyczące świata i ludzi. Cyfryzacja i telemedycyna stanowi szansę na demokratyzację dostępu do usług o właściwej jakości. A po postępach technologii Tele-komunikacji czas na postępy Tele-akcji. A do

tęgo potrzebne są roboty medyczne. Rozwijająca się robotyka medyczna tworzy narzędzia bezpośredniego kontaktu via technologia telemedyczna z pacjentem czy personelem medycznym.

Prawdziwym problemem Polski i Unii Europejskiej jest zbyt wolne tempo przystosowywanie się do zmian zachodzących w gospodarce światowej. Poszukiwanie przyczyn sukcesów czy porażek w tej dziedzinie warto rozpocząć od analizy trzech niezbędnych czynników: jakości twórców innowacji, producentów innowacyjnych produktów i odbiorców innowacji. W takim razie proponuję – zacznijmy sami zmieniać gospodarkę, postawmy na robotykę medyczną – ważny kierunek przyszłości. Roboty medyczne stanowiąc będą o przyszłości kondycji człowieka następnego wieku.

Jestem przekonany, że rosnący potencjał polskich zespołów pracujących nad rozwojem nowej dziedziny – robotyki medycznej – stanowi niezwykłą szansę na uzyskanie właściwego miejsca w podziale rynku wysokich technologii. Przemysł robotów medycznych może być lokomotywą gospodarki, gdyż ze względu na multidyscyplinarny wysiłek twórczy wymusza rozwój wielu dziedzin zaplecza technicznego. To medycyna stanowi największe wyzwanie technologiczne, a pomoc potrzebującemu – etyczne ramy naszych działań.

Mam nadzieję, że potencjał intelektualny i rosnące doświadczenie polskich grup badawczych w zakresie robotyki medycznej odegra istotną rolę w kreowaniu tego kierunku rozwoju cywilizacji. Ten artykuł jest próbą podsumowania aktualnych prac prowadzonych w Polsce dotyczących robotyki medycznej. Na potencjalny sukces ma wpływ ogólny stan technicznego i finansowego zaplecza gospodarki, w szczególności związanego z robotyką. Zanim omówimy szansę pojawienia się robotów (według oficjalnej statystyki prowadzonej przez NFZ) w 720 szpitalach publicznych, 1099 niepublicznych, w przychodniach specjalistycznych i domach, w których przebywają potrzebujący pomocy medycznej przyglądnijmy się stanowi zrobotyzowania przemysłu w Polsce.

POLSKI RYNEK ROBOTÓW I MANIPULATORÓW

Sprzedaż robotów na świecie rośnie z roku na rok o kilka, kilkanaście procent rocznie. Rynek robotyki opisywany jest w różnych raportach, w tym „World Robotics”, który przygotowany jest co roku przez IFR Statistical Department pod egidą VDMA Robotics+Automation. Ten raport jest źródłem wielu informacji przedstawianych w artykule. Kolejnym źródłem są raporty i badania firm produkujących i sprzedających roboty.

Od prawie 50 lat określana jest przybliżona liczba sprzedawanych co roku robotów przemysłowych. Przyjmując, że okres serwisowania i pracy jednego urządzenia wynosi od 12 do 15 lat, całkowitą liczbę działających w 2007 roku robotów oszacowano na około miliona sztuk. Jedna trzecia w Europie.

Odwołując się do wyników ankiet przeprowadzonych przez Control Engineering Polska w 2012 r., z zebranych informacji wynika [1], że najważniejszymi odbiorcami robotów/manipulatorów przemysłowych są następujące gałęzie przemysłu: motoryzacyjny, maszynowy (100% dostawców, 75% użytkowników), spożywczy (92% dostawców, 25% użytkowników), elektroniczny, komputerowy (46% dostawców, 12% użytkowników), chemiczny i farmaceutyczny (23% dostawców, 25% użytkowników). Poza tym spora część dostawców uważa, że roboty i manipulatory odgrywają dużą rolę w przemyśle: drzewnym i celulozowo-papierniczym (38%), elektrycznym (30%),

metalurgicznym (23%) i medycznym (15%). 62% użytkowników ma zainstalowane w swoich zakładach roboty i manipulatory firmy Fanuc Robotics, 50% – Gudel, 37% – ABB, 25% – Kuka Roboter, a 12% takich firm, jak: Carl Cloos Schweiss Technic, Mitsubishi oraz Kawasaki Robotics.

Z odpowiedzi uzyskanych od dostawców wynika [1], że oferowane przez nich roboty oscylują w cenach: od 101 do 200 tys. zł (84%), od 51 do 100 tys. zł (76%), powyżej 200 tys. zł (46%) oraz do 50 tys. zł (7%). Koszt zakupu robota zwraca się wg klientów w 2-4 lata (75% klientów), co najmniej 4 lata (25%). W 2011 roku 38% firm sprzedało mniej niż 10 sztuk, 37% – od 11 do 50 sztuk, a 23% – od 51 do 100 sztuk w Polsce.

Co do przyszłych, potencjalnych odbiorców robotów i manipulatorów, to za najbardziej perspektywiczne zostały uznane następujące gałęzie przemysłu: spożywczy (84% dostawców, 37% użytkowników), motoryzacyjny i maszynowy (76% dostawców i użytkowników), chemiczny i farmaceutyczny (53% dostawców i 25% użytkowników), metalurgiczny (30% dostawców, 25% użytkowników), **medyczny (23% dostawców i 25% użytkowników)** [1].

Prognozy sprzedaży na lata 2012-2014 są bardzo obiecujące. Sprzedaż robotów na świecie powinna osiągnąć poziom 140 tys. w roku 2012 i ponad 165 tys. w 2014 – mówi Piotr Zych z firmy Encon. – Sprzedaż będą napędzać rozwijające się gospodarki wschodnie, w tym Polska. W Europie Centralnej w latach 2008-2011 ilość zainstalowanych robotów przemysłowych wzrosła z 10 tys. do 17 tys. sztuk, a w roku 2014 ma wynosić ponad 28 tys. Ilość pracujących robotów w krajach rozwiniętych będzie utrzymywać się na stałym wysokim poziomie

Co do przyszłych, potencjalnych odbiorców robotów i manipulatorów, to za najbardziej perspektywiczne zostały uznane następujące gałęzie przemysłu: spożywczy (84% dostawców, 37% użytkowników), motoryzacyjny i maszynowy (76% dostawców i użytkowników), chemiczny i farmaceutyczny (53% dostawców i 25% użytkowników), metalurgiczny (30% dostawców, 25% użytkowników), **medyczny (23% dostawców i 25% użytkowników)**.

W celu oszacowania stopnia robotyzacji danego regionu stosowany jest m.in. wskaźnik gęstość robotyzacji (*robot density*) - liczba robotów przemysłowych przypadających na 10 tys. osób zatrudnionych w zakładach przemysłowych. W krajach rozwiniętych, takich jak Japonia, Korea Południowa czy Niemcy, wskaźnik ten w roku 2010 wynosił odpowiednio 306, 287 oraz 253. Dla porównania w Polsce wynosi on mniej niż 10. Niektórzy szacują jego wartość nawet na 4. Jednak dokładnych analiz takich danych w Polsce się obecnie nie prowadzi – po wyjściu Polski (z powodów ekonomicznych) z odpowiednich specjalistycznych stowarzyszeń.

Roboty przemysłowe są coraz powszechniejsze

również z powodu ceny. Ceny robotów są o ok. 50% niższe niż w latach dziewięćdziesiątych, przy jednoczesnym zwiększeniu ich funkcjonalności.

Z przedstawionych danych ujawnia się obraz, że dziś głównym odbiorcą robotów w działaniach gospodarki związanych z medycyną jest przemysł farmaceutyczny i już dziś wskazuje się na wagę (15%) tego działu przemysłu wytwarzającego roboty. Sprzęt medyczny zwykle jest wielokrotnie droższy od porównywalnego produktu stosowanego w warunkach technicznych, więc jest to również dobry kierunek biznesowy. Tym bardziej, że narzucony obecnie przez amerykańców model ekonomiczny zakłada spore koszty użytkowe odbiorcy. Decydujący się na zakup robota da Vinci muszą wziąć pod uwagę oprócz znacznych kosztów serwisowych i części wymiennych ograniczony czas jego użytkowania.

ROBOTY MEDYCZNE W POLSCE

W związku z rosnącym zapotrzebowaniem, rozbudzonymi nadziejami pacjentów i lekarzy na mniej traumatyczne metody chirurgiczne powstała potrzeba wsparcia technicznego tego typu operacji przez roboty – telemanipulatory. **Robot chirurgiczny** pokonał niektóre ograniczenia tradycyjnych narzędzi endoskopowych, lecz nie rozwiązano do tej pory wielu problemów.

Można wymienić następujące typy zrobotyzowanych systemów, które są stosowane w chirurgii [2]:

1. **Roboty toru wizyjnego** zastępujące asystenta w czasie operacji. Przy ich pomocy takich robotów jak **AESOP** (Computer Motion, USA – pierwszy robot medyczny pracujący na sali operacyjnej w Polsce, w klinice kardiologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach prowadzonej przez prof. Andrzeja Bochenka) lub **EndoAssist** (Armstrong Healthcare Ltd, High Wycombe, Wlk.Brytania) chirurg może samodzielnie sterować położeniem kamery endoskopowej. Obecnie dostępne komercyjnie: **EndoAsist** (Armstrong Healthcare), **Lapman** (Medsys).

2. **Telemanipulatory chirurgiczne.** Umożliwiają wykonywanie operacji na odległość. Typowymi przykładami są roboty **Zeus** (Computer Motion, USA – był stosowany, pożyczony na 10 operacji serca, klinika kardiologii prof. Andrzeja Bochenka) i **da Vinci** (Intuitive Surgical, USA – stosowany obecnie we Wrocławiu przez zespół prof. Wojciecha Witkiewicza). W Polsce powstała rodzina prototypowych robotów o nazwie **Robin Heart**. Obecnie, komercyjnie dostępne są jedynie telemanipulatory da Vinci.

3. **Roboty nawigacyjne (bierne)** – służą do dokładnego pozycjonowania i utrzymują prawidłowy tor narzędzia. Stosowane są głównie w procedurach neurochirurgicznych, do biopsji, np: **VectorVision** (BrainLab, Cambridge, Wlk.Brytania), **NeuroMate** (Integrated Surgical Systems, USA).

4. **Roboty nawigacyjne (czynne)** – roboty pracujące

jako narzędzia wykonawcze w systemie odwzorowania trajektorii określone podczas planowania przedoperacyjnego (nawigacyjne czynne), np. stosowane do operacji radiochirurgicznych: **CyberKnife** (Accuray Inc, USA; obecnie dostępny również w Polsce – Centrum Onkologii w Gliwicach), **Centre Protithérapie** (Orsey); neurochirurgicznych: **Roboscope** (Imperial College, Londyn) oraz operacji ortopedycznych: **Robodoc** (Integrated Surgical Systems, USA) – roboty do radioterapii.

5. **Roboty biochirurgiczne.** Powstają roboty do manipulacji komórkowej.

W Polsce prace w zakresie robotyki chirurgicznej zostały zapoczątkowane przez zespół autora w 2000 r. Wtedy został przyznany pierwszy grant badawczy, którego celem było wykonanie robota chirurgicznego (Religa – Nawrat w Zabrzu), a także zaczęto zbierać pierwsze doświadczenia kliniczne związane z zastosowaniem robota AESOP (Bochenek – Cisowski w Katowicach).

Tabela 1. Wybrane roboty w historii polskiej medycyny

Telemanipulatory chirurgiczne



1. Amerykański robot stosowany w Polsce

Da Vinci: Jedyne obecnie stosowany klinicznie telemanipulator chirurgiczny w szerokim zakresie (cholecystektomia, splenektomia, resekcja wreczka żółciowego, operacje prostaty, operacje kardiologiczne i ginekologiczne). Ponad tysiąc robotów sprzedanych robotów. Montaż: na niezależnej podstawie. Stałopunktowość (w miejscu przecięcia powłok ciała pacjenta) osiągnięta kinematycznie. Liczba stopni swobody: 7. Bierne stopnie swobody mają kinematykę typu SCARA. Zastosowano mechanizm równoległowodowy do odsunięcia osi obrotu poza obręb mechanizmu. - Firmy Intuitive Surgical oparta o doświadczenia Uniwersytetu Stanforda powstała w 1995 r. W 1997r. telemanipulator Da Vinci został dopuszczony do operacji kardiologicznych.

Firma: Intuitive Surgical Ltd. USA (Sunnyvale, CA), www.intuitivesurgical.com

2. **Zeus:** Telemanipulator. Robot produkowany w założonej w 1989 r. firmie Computer Motion (opartej na doświadczeniach NASA). Dopuszczony do użytku klinicznego przez FDA w 1996 r. W 1999 r. wykonano za jego pomocą pierwszą na świecie operację pomostowania naczyń wieńcowych na bijącym sercu z wykorzystaniem robota. W 2003 w wyniku przegranej wojny patentowej Computer Motion połączyła się z Intuitive Surgical. Wykorzystano go w wielu pionierskich operacjach, w tym podczas projektu Lindbergh (w 2001r.) – teleoperacja transatlantycka New York- Strasburg. Robot o trzech ramionach, jedno z ramion jest endoskopem sterowanym głosem (AESOP). Pozostałe dwa, wyposażone w narzędzia chirurgiczne, kontrolowane są przez konsolę chirurga. Montaż: każde ramię niezależnie mocowane do stołu operacyjnego. Stałopunktowość (w miejscu przecięcia powłok ciała pacjenta) osiągnięta kinematycznie. Liczba stopni swobody: 6. Każde ramię posiada trzy czynne stopnie swobody o kinematyce typu SCARA z przegubem biernym na końcu. Narzędzia o trzech stopniach swobody.

Firma: Marka obecnie należy do IS. Intuitive Surgical Ltd. USA (Sunnyvale, CA)
www.intuitivesurgical.com
 Wycofany z rynku.

3. **Robin Heart:** Rodzina polskich robotów chirurgicznych do operacji na tkankach miękkich np. sercu. Telemanipulator. Oryginalna konsola Robin Heart Shell. Liczba stopni swobody: 6-7. Montaż: na niezależnej podstawie. Faza eksperymentów na zwierzętach i przygotowania technologii produkcji seryjnej. Stałopunktowość (w miejscu przecięcia powłok ciała pacjenta) osiągnięta kinematycznie. Struktura sferyczna ze zdwojonym układem równoległowodów przenoszącym oś obrotu drugiego stopnia swobody w położenie poza mechanizmem. Narzędzie w pierwszej wersji robota posiada 5 stopni swobody: obrót wokół osi narzędzia, 2 obroty wokół osi prostopadłych do osi narzędzia i niezależny ruch obydwu szczęk narzędzia.

Firma: Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii w Zabrzu
www.robinheart.pl



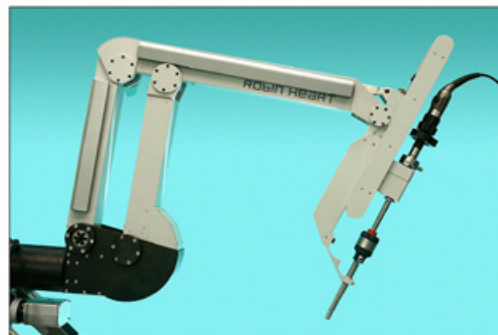
Manipulatory endoskopowego toru wizyjnego

1. **AESOP:** Automated Endoscopic System for Optimal Positioning to manipulator kamery endoskopowej sterowany głosem (również wersje wykorzystujące dłoń lub stopę). Montaż: mocowany do stołu operacyjnego. Liczba stopni swobody: 5. Bardzo popularny (ponad 100 tys. aplikacji klinicznych: zabiegi laparoskopowe i endoskopowe, zabiegi chirurgii sercowo-naczyniowej, urologia ogólna i ginekologia, cholecysektomie, hernioplastyki, fundoplikacje Nissena, adrenalektomie, kolektomie). Ramię AESOP posiada trzy czynne stopnie swobody o kinematyce typu SCARA z przegubem biernym na końcu.

Firma: Wyprodukowany przez Computer Motion obecnie Intuitive Surgical. Intuitive Surgical Ltd. USA (Sunnyvale, CA)
www.intuitivesurgical.com
 Wycofany z rynku.

2. **Robin Heart Vision:** Telemanipulator sterowany za pomocą minidżojstika lub pilota. Testowano również sterowanie ruchem głowy (MEMS żyroskopy) i głosem. Liczba stopni swobody: 5. Montaż: mocowany do stołu operacyjnego. Przeszedł pozytywnie próby w czasie eksperymentów na zwierzętach. Jest przygotowywany jako pierwszy do wdrożenia klinicznego.

Firma: Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii w Zabrzu
www.robinheart.pl



Roboty rehabilitacyjne

1. Robot rehabilitacyjny, prototyp RENU -1. Z punktu widzenia kinematyki struktura mechaniczna urządzenia stanowi mechanizm o trzech stopniach swobody, umożliwiający ruch końca ramienia względem trzech osi bazowego układu współrzędnych prostokątnych. Na końcu ramienia

znajduje się interfejs mechaniczny manipulatora wyposażony w czujnik sił i momentów. Zapewnia on sprzężenie między pacjentem a układem sterowania, który może odczytywać kierunek, w którym pacjent próbuje poruszać uchwyt [25].

Firma: Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów w Warszawie PIAP; www.piap.pl

2. Robot ARM-100.

Sesja treningowa wykorzystująca robota ARM-100 składa się z dwóch etapów. Pierwszy etap polega na „uczeniu” robota ruchu rehabilitacyjnego. W tym etapie, po przymocowaniu pacjenta do ramienia robota, rehabilitant wykonuje ruch rehabilitacyjny prowadząc rękę pacjenta. Robot na podstawie sygnałów z czujników sił, mierzących naciski wywierane przez rękę pacjenta na elementy ramienia robota, przemieszcza odpowiednie elementy ramienia i jednocześnie zapamiętuje w systemie komputerowym kolejne położenia elementów swojego ramienia. W następnym etapie sesji treningowej robot odtwarza zapamiętany ruch wzorcowy z wymaganą szybkością i ilością powtórzeń, badając jednocześnie czy nie są przekraczane dopuszczalne siły działające na pacjenta.

Firma: Instytut Techniki i Aparatury Medycznej w Zabrze

www.itam.zabrze.pl

Współpraca z utworzonym zespołem L. Podsekowskiego z Politechniki Łódzkiej oraz K. Mianowskim z Politechniki Warszawskiej zaowocowała konkretnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi robota Robin Heart oraz rozpowszechnieniem tej nowej dziedziny naukowej w obszarze akademickim. Obecnie kilkanaście uczelni w Polsce informuje o działalności naukowej i dydaktycznej w zakresie robotyki medycznej. Tabela 2 stanowi próbę ukazania postępów polskiego zespołu na tle wydarzeń na świecie.

Pod koniec 2010 pierwszy robot da Vinci we Wrocławiu. Wersja z dwoma konsolami da Vinci S pozwala na prowadzenie pełnego zakresu aktywności chirurgicznej i edukacyjnej. Przy asyście robota chirurdzy z Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego we Wrocławiu pod kierunkiem prof. Witkiewicza wykonali około 100 operacji z zakresu ginekologii, urologii oraz chirurgii naczyniowej.



Tabela 2 Kamienie milowe polskiego projektu na tle historii robotyki medycznej [3].

DATA	WYDARZENIE
1921	Czeski pisarz Karel Capek po raz pierwszy używa słowa "robot" w swojej sztuce "R.U.R" (Rossum's Universal Robots). Robot to jedno niewielu słów słowiańskiego pochodzenia, które weszło do współczesnego słownika technicznego.
1938	Issac Assimov umieszcza termin robotyka w swojej noweli science-fiction i formułuje Trzy Prawa Robotyki.
1947	Opracowanie pierwszego teleoperatora z serwonapędem elektrycznym.
1948	Opracowanie teleoperatora ze sprzężeniem zwrotnym od siły.
1954	Zaprojektowanie pierwszego programowalnego robota przez Georg'a Devola.
1956	Zakupienie praw do robota Devola i założenie firmy Unimation przez Josepha Engelbergera, studenta fizyki na Uniwersytecie Columbia.
1958	Pierwszy prototyp robota Unimate zainstalowany w fabryce General Motors.
1961	Pierwszy seryjny robot Unimate zainstalowany w fabryce General Motors w Trenton w stanie New Jersey.
1966	Automatyczny lądownik księżycowy "Surveyor" ląduje na księżycu. K. Semm przeprowadza pierwszą operację laparoskopową (ginekologia).
1969	W Unimate General Motors rozpoczęto montaż nadwozi Chevrolet'a Vega przy pomocy robotów Unimate.

1970	Pierwsze sympozjum dotyczące robotyki w Chicago.
1970	W listopadzie na powierzchnię Księżyca został wysłany przez Związek Radziecki pierwszy bezzałogowy, sterowany z Ziemi pojazd – Łunochod 1. W ciągu 322 dni przejechał 10 km, przekazał na Ziemię 20 tys. zdjęć oraz dane o właściwościach gruntu. O sile radzieckiej grupy konstruktorów niech świadczy, że w ciągu dwóch tygodni zbudowali dwa lekkie samochody na ratunek dla Czarnobyla po katastrofie elektrowni jądrowej.
1970	General Motors staje się pierwszą firmą wykorzystującą systemy wizyjne w zastosowaniach przemysłowych. System Consight zostaje zainstalowany w zakładzie w St. Catharines, Ontario, Kanada.
1971	Założenie Japońskiego Stowarzyszenia Robotyki Przemysłowej (Japanese Industrial Robot Association). Opracowanie robota Stanford Arm na Uniwersytecie Stanford.
1972	Kawasaki instaluje zrobotyzowaną linię produkcyjną w zakładach Nissan, roboty zostały dostarczone przez firmę Unimation.
1973	Opracowanie pierwszego języka programowania robotów (WAVE) na Uniwersytecie Stanford. Pierwszy numer międzynarodowego czasopisma "Roboty Przemysłowe".
1974	Wprowadzenie przez firmę Cincinnati Milacron robota ze sterowaniem komputerowym.
1974	Hitachi prezentuje robota Hi-T-Hand używającego czujników dotykowych i siłowych pozwalających na wkładanie sworzni do otworów.
1978	Wprowadzenie przez firmę Unimation robota PUMA (Programmable Universal Assembly), opracowanego na podstawie projektu powstałego w trakcie badań w fabryce General Motors.
1979	Wyposażony w kamerę i komputer (przetwarzając milion operacji na sekundę) robot mobilny Stanford Cart jako pierwszy samodzielnie się porusza unikając przeszkód.
1979	Wprowadzenie robotów SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) w Japonii.
1984	Joseph Engelberger zakłada firmę Transition Robotics (później znana jako Helpmates), która zajmuje się rozwojem i budową robotów usługowych.
1984	Zostaje opracowany PROWLER, pierwszy z serii robotów militarnych.
1985	Pierwsza operacja chirurgiczna przy użyciu robota chirurgicznego (robot przemysłowy PUMA 200 wyposażony w laser chirurgiczny) wykonana przez zespół kierowany przez Kwoch'a w Memorial Hospital of Los Angeles. Po serii operacji na 22 pacjentach eksperyment został przerwany, a robot uznany jako nie spełniający wymagań medycznych.
1986	Rozpoczęcie prac nad robotem humanoidalnym przez firmę HONDA.
1988	Pierwszy robot (robo-pielęgniarka HelpMate) pojawia się w szpitalu (Danbury Hospital w Connecticut).
1989	Zmodyfikowany robot przemysłowy o nazwie NeuroMate – Stereotactic Assistant System (ISS Inc.) został użyty w procedurze neurochirurgicznej – zespół Lavalley, Benabid. Wykonano nim, między innymi, ponad tysiąc biopsji guza mózgu.
1989	Powstaje firma Computer Motion – przyszły producent robota Zeus i AESOP
1991	Przezcewkowa resekcja gruczołu krokowego (TURP) przy wykorzystaniu robota Puma 560.
1992	John Adler demonstruje koncepcje robota CyberKnife, do radioterapii.
1992	Powstaje firma Integrated Surgical Systems producent robota ROBODOC. Konstrukcja robota ROBODOC była oparta na robocie firmy IBM typu Scara. Został on użyty do przeprowadzenia 10 operacji aloplastyki stawu biodrowego. Robot współpracuje z systemem planowania operacyjnego Orthodoc.
1993	Pierwszy robot medyczny uzyskuje akceptację FDA w chirurgii – AESOP 100 firmy Computer Motion, który służy do kierowania torem wizyjnym.
1993	Zrobotyzowany system do precyzyjnego umiejscowienia igły dla potrzeb stereo-taktycznej biopsji mózgu Minevra został użyty dwukrotnie w 1993 roku w CHUV Hospital w Szwajcarii. Robot współpracuje ściśle ze skanerem wykonującym tomografię komputerową.
1994	Firma wprowadziła Computer Motion Inc. Z Kaliforni na rynek pierwszy system zdalnego pozycjonowania endoskopu – AESOP - z ang. Auto Endoscope System for Optimal Positioning AESOP. Jest to pierwszy robot, który uzyskał pozwolenie FDA do wprowadzenia na rynek medyczny.
1995	Frederic Moll, Robert Younge i John Freund organizują firmę Intuitive Surgical w oparciu o osiągnięcia SRI International (dawniej znany jako Stanford Research Institute).

1997	Pierwsza operacja robotem - Cadere i Himpens w Brukseli zastosowali prototyp robota da Vinci (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA) do operacji resekcji pęcherzyka żółciowego.
1998	Robot mobilny Sojourner ląduje na Marsie 4 lipca.
1998	Skonstruowanie pierwszego bionicznego ramienia. Wykorzystuje go Szkot - Campbell Baird.
1998	W Paryżu (Carpentier) przeprowadzono pierwszą, przy użyciu robota chirurgicznego w pełni endoskopowi operację pomostowania aortalno-wieńcowego przy użyciu robota da Vinci (Computer Motion Inc).
1998	Frank Diamiano przeprowadził pierwszą procedurę ginekologiczną w Stanach Zjednoczonych przy użyciu systemu Zeus.
1999	Douglas Boyd z London Health Sciences Centre's (LHSC) wykonał pierwszy na świecie zabieg pomostowania naczyń wieńcowych na bijącym sercu przy zamkniętej klatce piersiowej – stosując robota Zeus. Następnie wykonał pierwszy hybrydowy zabieg rewaskularyzacji serca robotem.
1999	Ralph Damiano, w Milton S. Hershey Medical Center w Penn State College of Medicine w Hershey wykonał pierwszą operację pomostowania naczyń wieńcowych ze wspomaganie robota Zeus w Stanach Zjednoczonych.
2000	da Vinci zostaje pierwszym robotem, który otrzymał akceptację FDA dla prowadzenia operacji laparoskopowych w USA.
2000	Po długiej wojnie patentowej następuje porozumienie firmy Computer Motion i Intuitive Surgical, którego konsekwencją jest wycofanie z rynku robotów Zeus i AESOP.
2000	Francois Laborde z L'Institut Mutualiste Montsouris Chiosy wykonywał po raz pierwszy zabieg kardiochirurgii dziecięcej (PDA) z wykorzystaniem komputera Zeus.
2000	Z inicjatywy Z. Nawrata rozpoczęcie projektu Robin Heart przez Fundację Rozwoju Kardiologii w Zabrze. Kierowania pierwszym projektem sfinansowanym przez Komitet Badań Naukowych podjął się znakomity kardiolog, entuzjasta innowacyjnych technologii medycznych, prof. Zbigniew Religa.
2001	CyberKnife otrzymał akceptację FDA jako pierwszy na świecie robot do radioterapii.
2001	Robot Zeus otrzymał akceptację FDA dla prowadzenia operacji laparoskopowych w USA.
2001	Dokonano transkontynentalnej (7 tys. km) operacji wycięcia pęcherzyka żółciowego przy pomocy robota Zeus (Intuitive Surgical Inc) - Operacja Lindbergh. Chirurg Marescaux, przebywający w Nowym Jorku, zoperował pacjenta leżącego na sali operacyjnej w Strasburgu.
2002	Pierwsza w Polsce konferencja specjalistyczna poświęcona robotom medycznym Roboty Chirurgiczne. Zademonstrowano na niej pierwsze polskie modele robotów – w tym Robin Heart 0. Konferencja zmieniła następnie nazwę na Roboty Medyczne, zwyczajowo odbywa się w grudniu w Fundacji Rozwoju Kardiologii w Zabrze.
2003	Przeprowadzono pierwszą teleoperację szpital-szpital. M. Anvari z Kanady przeprowadził operację, fundoplikację (Nissan) na odległości 350 km (pomiędzy McMaster University w Hamilton, Ontario Canada a North Bay) robotem Zeus.
2004	3 astronautów zanurzonych w laboratorium 19 m pod powierzchnią wody u wybrzeży Key Largo (Floryda) udowodniło, że można przeprowadzić (na sztucznym modelu pacjenta) operację laparoskopową cholecystektomii w ramach projektu NEEMO 7 (NASA Extreme Environment Mission Operation). Operację robotem Zeus prowadził M. Anvari.
2005	Tactile Technologies, z Rehovot w Izraelu naukowcy zbudowali robota dentystę - to pierwszy krok do zautomatyzowania procedur dentystycznych.
2008	Wydanie pierwszej książki Roboty Medyczne w Polsce (red. Nawrat).
2009	Pierwsze eksperymenty Robina na zwierzętach (pęcherzyk żółciowy i elementy operacji zastawek serca) Centrum Medycyny Doświadczalnej SUM.
2010	Testy na zwierzętach nowego robota Robin Heart mc2 (pobranie tętnicy piersiowej i elementy operacji bypas).
2010	Założenie Międzynarodowego Stowarzyszenia na rzecz Robotyki Medycznej w Zabrze (International Society for Medical Robotics) – w czasie corocznej konferencji Roboty Medyczne/Medical Robots.
2010	Pierwsze próby teleoperacji Zabrze FRK-Katowice Centrum Medycyny Doświadczalnej SUM robotem Robin Heart (przeprowadzone z sukcesem).

Ważnym działem aplikacyjnym robotów jest rehabilitacja. Rehabilitacja ruchowa polega na wielokrotnym powtarzaniu pojedynczych lub zestawów ruchów.

W Polsce powstało w ostatnich latach kilka prototypowych konstrukcji robotów rehabilitacyjnych. Aktywność w tym zakresie prezentują głównie Instytut Techniki i Aparatury Medycznej, w Zabrze i Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów w Warszawie PIAP.

Od lat 60-tych trwają prace nad egzozkietelowymi konstrukcjami pozwalającymi na aktywne uczestnictwo w życiu osób z niedowładem kończyn. Pionierskie prace w tym zakresie prowadzono między innymi na Politechnice Warszawskiej. Niektórzy bioinżynierzy sztucznych narządów wliczają w szeregi robotyki medycznej. Szczególnie uzasadnione jest o w obszarze ortopedii – pionierskie prace w Polsce w tym zakresie prowadzone były na Politechnice Warszawskiej, a obecnie wiodąca jest Politechnika Wrocławska (sztuczna ręka powstająca w zespole prof. R. Będzińskiego). Tamże prowadzone są (pod kierunkiem K. Tchonja) bardzo ciekawe prace nad robotami socjalnymi.

Krajowa konferencja robotyki w 2012 r. była okazją do podsumowania obecnego stanu polskiej robotyki medycznej na sesji organizowanej przez prof. Grzegorza Granosika oraz autora tej publikacji.

POSTĘPY PRAC BADAWCZYCH I KONSTRUKCYJNYCH W ZAKRESIE ROBOTÓW MEDYCZNYCH W POLSCE

Poniżej jest przedstawiony przegląd najnowszych prac dot. Robotyki medycznej opublikowanych w: Postępy robotyki, tom 1. Pod red. Krzysztofa Tchonja i Cezarego Zielińskiego. Oficyna wydawnicza politechniki warszawskiej, Warszawa 2012.

W pracy [4] L. Podsędkowski przedstawił kolejne postępy dotyczące opracowywanego robota Robin Heart 3. Kierunek obecnie prowadzonych prac dotyczy rozwoju narzędzi (stosowanie wymiennych końcówek narzędziowych oraz wprowadzenie wzmocnienia siły działającej w szczękach), automatycznej wymiany narzędzi (został zaprojektowany automatyczny magazyn narzędzi) oraz rozwoju systemu sterowania robota (intuicyjny zadajnik ruchu z sprzężeniem siłowym).

Autor przedstawił pracę [5] dotyczącą przygotowania robotów Robin Heart i zespołu do pierwszych zastosowań klinicznych. Jeden z testowanych 2009-2010 r. robotów w pełni spełnił oczekiwania odbiorców. Robot Robin Heart Vision został przeznaczony do prób klinicznych. Jednak po uzyskaniu grantu na nowego, lekkiego, walizkowego robota nazwanego Robin Heart PortVisionAble zatrzymano ten program i zdecydowano uruchomić program wdrożeniowy za rok już dla nowego opracowywanego robota. Mani-



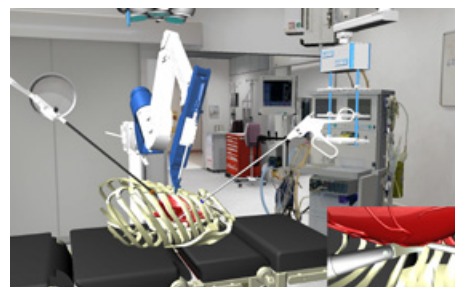
Robin Heart Vision – robot toru wizyjnego do operacji małoinwazyjnych.

Opracowany w 2007 roku na podstawie projektu Robin Heart 1 telemanipulator, przeznaczony jest do pozycjonowania endoskopu w trakcie zabiegów chirurgicznych (możliwość zamocowania endoskopów wielu producentów), posiada następujące parametry:

Zakres ruchu	DOF1 [stopnie]	DOF2 [stopnie]	DOF3 [mm]
Wartość założona	150	120	150
Wartość osiągnięta	187	117,5	Zasięg efektywny: 165 Całkowity przesuw: 400

Powtarzalność pozycjonowania nie gorsza niż 0,03 mm. Dokładność pozycjonowania nie gorsza niż 0,1 mm.

Model operacji na sercu z robotem Robin Heart Vision – wirtualna sala operacyjna. Sala została wyposażona we wszystkie projektowane roboty, narzędzia mechatroniczne oraz wybrane typowe narzędzia chirurgiczne i elementy sali operacyjnej. Technologia wirtualnej rzeczywistości może doskonale służyć jako interaktywne narzędzie szkoleniowe.



pulator Robin Heart Vision umożliwia pokazanie pola operacyjnego podczas zabiegów endoskopowych, a manipulator Robin Heart umożliwia samo wykonanie operacji.

Grupę młodych inżynierów prowadzoną przez K. Mianowskiego z PW reprezentował T. Barczak, prezentując projekt mechanizmu sferycznego o 3 stopniach swobody do zastosowania w robocie-telemanipulatorze zadajaco-wykonawczym ze sprzężeniem zwrotnym od siły przeznaczonym do prowadzenia operacji chirurgicznych. Strukturę kinematyczną manipulatora stanowi mechanizm sferyczny typu 5R. Proponowane rozwiązanie jest sferycznym manipulatorem równoległym [6].

Grupa prowadzona przez J. Cieślaka (AGH) i R. Leniowskiego (Politechnika Rzeszowska) zaprezentowała kilka prac dotyczących opracowania redundantnego zrobotyzowanego narzędzia laparoskopowego o kilku stopniach swobody wyposażonego we własne napędy - miniaturowe silniki prądu stałego – od planowania trajektorii pracy robota [7], przez system sterowania [8] do modeli stanowisk treningowych [9]. Robot składa się z 6 członów, o średnicy ok. 10 mm, napędzanych miniaturowymi silnikami elektrycznymi BLDC poprzez zespół przekładni planetarnych i ślimakowych, o łącznym przełożeniu powyżej 1/10000. Całą konstrukcję robota pokrywa powłoka antyseptyczna [8].

W. Klimasara i Z. Pilat twórcy robota RENUŚ omówili rozwój systemów mechatronicznych wspomagających rehabilitację ruchową człowieka. „W Polsce prace badawcze w dziedzinie zaawansowanych maszyn i urządzeń wspomagających rehabilitację pacjentów prowadzono od początku lat 60., m.in. na Politechnice Warszawskiej i Politechnice Wrocławskiej. Pierwsze prototypy zrobotyzowanych urządzeń rehabilitacyjnych opracowano w ramach Programu Wieloletniego PW-004, koordynowanego przez Instytut Technologii Eksploatacji PIB w Radomiu. W programie tym Przemysław Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP w latach 2006-2009 zrealizował dwa zadania badawcze, których celem było opracowanie modeli mechatronicznych systemów wspomagania rehabilitacji kończyn pacjentów, zwłaszcza po udarach mózgu. Powstały dwa urządzenia: system RENUŚ-1, przeznaczony do wspomagania rehabilitacji kończyn górnych oraz system RENUŚ-2 przeznaczony do wspomagania rehabilitacji kończyn dolnych [11].

A. Michnik dokonał przeglądu [12] prototypowych robotów rehabilitacyjnych z zastrzeżenia ITAMU. Pierwszym robotem, który powstał w Instytucie Techniki i Aparatury Medycznej, był robot do rehabilitacji kończyn górnych ARM-100 (7 stopni swobody). Drugim robotem rehabilitacyjnym jest robot LEG-100 posiadający 5 osi swobody.

Kolejna praca z Politechniki Łódzkiej dotyczyła robotów rehabilitacyjnych. A. Gmerek przedstawił robota ARR (Arm Rehabilitation Robot) przeznaczo-

nego do rehabilitacji kończyn górnych [13]. Aktywna część robota ma postać egzozszkieletu, w który mocuje się kończynę górną rehabilitowanego pacjenta. Z robotem współpracuje system bioelektrycznego sprzężenia zwrotnego oparty o sygnały EMG (miopotencjały). Na podstawie tych sygnałów estymowana jest m.in. siła generowana przez pacjenta

Kolejny ośrodek od wielu lat zajmujący się robotyką medyczną, Politechnikę Poznańską reprezentował P. Kaczmarek prezentując nowe rozwiązania w zakresie konstrukcji egzozszkieletu kończyn dolnych przedstawił [14]. Zaprezentowano konstrukcję prototypu egzozszkieletu kończyn dolnych wyposażonego w 4 napędy (w stawach biodrowych i kolanowych) oraz 4 przeguby pasywne (w stawach skokowych i w biodrowych dla ruchu odwodzenia). Konstrukcja egzozszkieletu została zaprojektowana w celu wspomagania funkcji lokomocyjnych oraz rehabilitacji ruchowej w obrębie kończyn dolnych.



Z Politechniki Poznańskiej M. Kordasz zaprezentowała pracę [15] dotyczącą sterowania manipulatora rehabilitacyjnego zaś Krystian Klimowski przedstawił pracę dotyczącą analizy ruchu z wykorzystaniem czujników akcelerometrycznych [16].

Kolejna praca w obszarze robotów rehabilitacyjnych została przedstawiona przez K. Mianowskiego (PW) – wstępny projekt manipulatora do rehabilitacji kończyn górnej człowieka [17].

Pracę z najbardziej doświadczonego w Polsce zespołu pracującego nad sztuczną ręką z Politechniki Wrocławskiej przedstawił T. Suchodolski [16]. Praca

omawia problem sterowania (miosygnalami) decyzyjnego bioprotezę dłoni traktowany jako rozpoznawanie intencji ruchowych człowieka na drodze analizy sygnałów bioelektrycznych z kikuta protezowanej kończyny [18].

PODSUMOWANIE

Z dumą obserwuję dynamiczny rozwój myśli technicznej, prac naukowych, badawczych związanych z robotyką medyczną. Od 2002 roku organizujemy konferencje Roboty medyczne w Zabrze, które były zawsze polem ożywionej dyskusji konstruktorów i potencjalnych przyszłych użytkowników. Zawsze tym spotkaniom towarzyszą pokazy nowych robotów i rozwiązań technicznych.

W Polsce wydaliśmy dwie pozycje książkowe poświęcone wyłącznie robotyce medycznej: *Roboty medyczne* red Zbigniew Nawrat, 2007, M Studio, Zabrze (dostępne w .pdf na stronie www.robinheart.pl) oraz *Roboty Medyczne Budowa i zastosowanie*, WNT, Warszawa 2010, Leszek Podśkadowski. Dwukrotnie w tym czasie w postępach robotyki wydawanych w zawiązku z Krajowymi Konferencjami Robotyki przez prof. Krzysztofa Tchonja wyszczególniono specjalne rozdziały poświęcone tej nowej dziedzinie robotyki.

Przedstawiony przegląd stanu polskiej robotyki medycznej jest w moim przekonaniu dowodem dobrej pozycji naukowej i innowacyjności polskich zespołów badawczych. Może stanowić podstawę budowania naszej silnej pozycji w Europie. Stać nas na polski przemysł robotów medycznych.

Literatura:

[1] www.controlengineering.pl/menu-gorne/art-ku/article/polski-rynek-robotow-i-manipulatorow; 19 kwiecień 2012, Autor: Agata Grabowska, Control Engineering Polska.

[2] Nawrat Z.: *Roboty i manipulatory w medycynie. Mechanika Techniczna*. Tom 12. *Biomechanika*. Red. R. Będziński. Warszawa: IPPT PAN 2011, 753–827.
[3] Zbigniew Nawrat. *Robot chirurgiczny Robin Heart – projekty, prototypy, badania, perspektywy*. Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach. Katowice 2011.

Poniżej prace w: *Postępy robotyki Tom 1*. Pod red. Krzysztofa Tchonja i Cezarego Zielińskiego. Oficyna wydawnicza politechniki warszawskiej, Warszawa 2012.

[4] *System narzędziowy i wybrane aspekty sterowania robota Robin Heart*, Leszek Podśkadowski, Piotr Wróblewski, Piotr Zawiasa, str. 15-25.

[5] *Robin Heart – przygotowanie robotów i zespołu eksperymentalnego do pierwszych zastosowań klinicznych*, Zbigniew Nawrat, Paweł Kostka, Kamil Rohr, Wojciech Sadowski, Str 5-15.

[6] *Projekt zadajnika i manipulatora sferycznego przeznaczonego do chirurgii laparoskopowej*. Tomasz Barczak, Krzysztof Mianowski, s. 25-35.

[7] *Model kinematyczny redundantnego narzędzia laparoskopowego oraz wybrane zagadnienia planowania jego trajektorii*. Adam Jan Zwierzyński, Jacek Cieślík, s. 129-139.

[8] *Sterowanie mikrosiłników o bardzo wysokich prędkościach obrotowych sprzężonych z wielostopniowymi przekładniami planetarnymi*. Ryszard Leniowski, Lucyna Leniowska, s. 161-175.

[9] *Modelowanie narzędzi wewnętrznych człowieka za pomocą wielościągów na potrzeby systemu treningowego dla robota chirurgicznego ROCH-1*. Ryszard Leniowski, Marcin Zima, Szymon Jurkowski, s. 115-129.

[10] *Opis geometrii ciała dla celów planowania trajektorii redundantnych narzędzi Laparoskopowych*. Adam Jan Zwierzyński, Jacek Cieślík, s. 139-149.

[11] *Rozwój systemów mechatronicznych wspomagających rehabilitację ruchową człowieka*. Wojciech J. Klimasara, Zbigniew Pilat, s. 35-51.

[12] *Prototypy robotów rehabilitacyjnych opracowane przez ITAM Zabrze*. A. Michnik, M. Bachorz, J. Brandt, Z. Paszenda, R. Michnik, J. Jurkojć, W. Rycerski, J. Janota, s. 51-61.

[13] *ARR – Robot do Rehabilitacji kończyny górnej*. Artur Gmerek, s. 61-71.

[14] *Konstrukcja egzoskieletu kończyn dolnych do rehabilitacji i wspomagania lokomocji*. Piotr Kaczmarek, Rafał Kabaciński, Mateusz Kowalski, s. 71-81.

[15] *Zastosowanie odpornego sterowania siłowego w manipulatorze rehabilitacyjnym*, Marta Kordasz, Rafał Madoński, Piotr Sauer, Krzysztof Kozłowski, s. 91-103.

[16] *Wykorzystanie czujnika akcelerometrycznego do pomiaru kąta zgięcia w stawie kolanowym*. Krystian Klimowski, Piotr Sauer, s. 149-161.

[17] *Projekt manipulatora do rehabilitacji kończyny górnej człowieka*. Krzysztof Mianowski, Michał Pierchanowski, s. 81-91.

[18] *Sterowanie bioprotezą dłoni – Klasyfikacja miosygnali za pomocą drzew decyzyjnych*. Tomasz Suchodolski, Andrzej Wołczowski, s. 103-115.



Medical Robots 2012 International Conference

Zabrze, Poland 7th Dec 2012

■ INVITATION

We kindly invite you to our 10th Conference on Medical Robots held in Zabrze. The Conference is organized by International Society for Medical Robotics with cooperation with Foundation for Development of Cardiac Surgery. During the conference a special, competitive session for Young Scientists, students and hobbyists interested in robotics aspiring to win the "Robin" and "Arrow" statuette, will take a place. For young robots creators a prize money will be funded as well.

In response to a broad interest among representatives of science, medicine and the media, the scope of our annual meeting of research workers, designers, constructors and users of robots, shall cover all robotized equipment used in medicine.

Originally the conference organized in Foundation for the Development of Cardiosurgery was inspired by the group of scientists and constructors of Polish surgical robot called Robin Heart. The project launched in 2000 included open conferences assessing the progress of works and designating the directions for numerous practical applications. Robin Heart project greatly contributed to the revival of medical robotics in Poland. During the International "Medical Robots 2012" conference a progress of surgery robot Robin Heart project and others polish robotic projects, for instance rehabilitation robots developed in ITAM, Zabrze will be demonstrated.

The competition for young participants of the conference entitled: "Medical Robots 2012" is international and addressed to students, young research workers but also to hobbyists and lovers of robotics not necessarily associated at universities or research institutes. We are happy to welcome young, amazing polish fans of robotics who are still learning at school and planning to enter the university level.

ORGANIZATION:

International Society
for Medical Robotics



International Society for Medical Robotics

Current, jubilee Conference will gather also several special guests - worldwide known, famous constructors and experts of medical robot field:

Mehran Anvari (Canada): famous innovative Surgeon well known from first tele-operation : hospital-hospital. Expert in several original projects, testing possibilities of operation in the environment of space ships and submarines (NEMO).

Richard Satava (USA): Pioneer of robotic supported surgery in the world, first Man, who operated by means of surgery robot prototype. Expert and member of many Pentagon and Darpa projects.

Conference date: December 7th 2012

Venue: conference room at the Foundation of Cardiac Surgery Development in Zabrze, address: Wolności 345

Conference papers will be published in monograph (edited by Lucyna Leniowska & Zbigniew Nawrat).

Scientific Council - Medical Robots Conference 2012

Prof. **Kaspar Althoefer** – Londyn

Prof. dr hab. n. med. **Andrzej Bochenek** – Katowice

Dr hab. n. med. **Romuald Cichoń** – Drezno, Wrocław, Warszawa, Zabrze

Dr hab. inż. **Jacek Cieřlik** – Kraków

Prof. dr hab. inż. **Jerzy Honczarenko** – Szczecin, Warszawa

Dr inż. **Paweł Kostka** - Gliwice

Prof. **Josef Kozak** – Tuttlingen

Dr n. med. **Slawomir Marecik** – Chicago

Dr inż. **Krzysztof Mianowski** - Warszawa

Dr **Zbigniew Nawrat** - Zabrze

Dr hab. inż. **Leszek Podędkowski** – Łódź

Prof. dr hab. inż. **Krzysztof Tchoń** – Wrocław

Prof. dr hab. **Wojciech Witkiewicz** – Wrocław

Dr n. med. **Marek Zawadzki** – Chicago, Wrocław

Prof. dr hab. med. **Marian Zembala** - Zabrze

CO ORGANIZATOR:



Foundation for
Cardiac Surgery Development

FUNDACJA ROZWOJU
KARDIOCHIRURGII

7 December 2012 Medical Robots Conference

9.00 Conference opening ceremony.

Zbigniew Nawrat – International Society for Medical Robotics President.

Małgorzata Mańka-Szulik, Zabrze City President.

Jan Sarna – Foundation for Cardiac Surgery Development - General Director.

9.15 Keynote speech – Introduction to surgical instruments.

Kaspar Althoefer Tools and Devices for Present and Future Surgery. Kings College, London.

**9.30 - 10.15 Introduction to Needs-Man in space-problems.
Invited lecture.**

Mirosław Hermaszewski (the first Polish cosmonaut). Health care during space travel – introduction.

10.15 - 12.00. Session Pioneers of medical robotics. Invited lecture.

Richard Satava (innovative surgeon, a pioneer of robotic surgery). The history and future of medical robotics, robots from the first DARPA robots to concept of fully robotically equipped medical healthcare system. Washington, USA.

Mehran Anvari (innovative surgeon, a pioneer of teleoperation). Future directions in surgical robotics. Hamilton, Canada.

12.00 - 12.15 Coffee break.

12.15 - 14.00 Polish Pioneers of surgical robotics.

Andrzej Bochenek (innovative heart surgeon, experience of robots AESOP and Zeus), Katowice.

Wojciech Witkiewicz (innovative surgeon, experience of da Vinci robot), Wrocław + **Marek Zawadzki** Limitations of da Vinci system -surgeon's perspective. Chicago&Wrocław.

Romuald Cichon (innovative heart surgeon, da Vinci & Robotic Heart practice & research), Dresden, Germany, Zabrze, Poland

Zbigniew Nawrat (founder and head of the Polish project surgical robot Robin Heart), Zabrze, Poland.

14.00 - 15.00 Lunch / The ISMR Congress/Exhibition-presentation of robots.

15.00 - 15.20 Session Masters of robotically assisted surgery.

Ślawomir Marecik Robotic Rectal surgery: New Developments Videoconference from UIC/Lutheran Hospital Chicago, USA.

15.20 - 17.00 Session Surgery robots.

Filip Szufnarowski. Stewart platform with fixed rotary actuators: a low-cost design study. Bielefeld University, Faculty of Technology. Germany.

Szymon Kostrzewski, John Michael Duff MD FACS, Charles Baur, Mariusz Olszewski. Development of a robotic system for spinal surgery. KB Medical SA Lausanne, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois CHUV, Department of Clinical Neurosciences, Lausanne, École Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL, Laboratoire de Systèmes Robotiques LSRO2, Virtual Reality and Active Interfaces VRAI Group, Warsaw University of Technology, Faculty of Mechatronics, Institute of Automatic Control and Robotics.

Josef Kozak. The development of new technologies in the

areas of ultrasound-assisted navigation in evidence-based medicine. Aesculap AG, Am Aesculap Platz, Tuttlingen, Germany.

Paweł Kostka. Trustful programming in control systems of surgery telemanipulators. Foundation for Cardiac Surgery Development, Zabrze, Poland.

Ilwicz Grzegorz, Nawrat Zbigniew, Katarzyna Sokołowska. Mechatronical design, optimization and bioengineering of torakocardiurgical teleoperator. Silesian University of Technology, Foundation for Cardiac Surgery Development, SOKKA.

Agnieszka Kobierska. The analysis of construction of under-actuated manipulators applied in surgical operations. The Lodz University of Technology, Poland.

Łukasz Frączak. The control and motion planning strategies used in hiper-redundant manipulators applied in minimally invasive surgery. The Lodz University of Technology, Poland.

Ryszard Leniowski, Lucyna Leniowska. ROCH-1 surgical robot control systems. Ignacy Łukasiewicz Rzeszow University of Technology, The University Of Rzeszów, Poland.

Jacek Cieřlik. Path generator for multi-member surgical manipulator with specified path optimization. AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland.

Paweł Kabacik, Arkadiusz Byndas, Mariusz Hofman, Przemysław Musz, Marcin Wielichowski, Tomasz Maleszka, Michał Preisner, Przemysław Gorski. Investigations into high resolution medical imaging for use in medical robot operation made with electromagnetic systems operating at microwave frequency range. Wrocław University of Technology Institute of Telecommunications, Teleinformatics and Acoustics, Poland.

17.00 - 17.20 Session - Rehabilitation robots.

Andrzej Michnik. The development of robotic rehabilitation devices in the Institute of Medical Technology and Equipment in Zabrze ITAM, Zabrze, Poland.

Marta Kordasz¹, **Piotr Sauer²**. Analysis of the kinematics of the knee for a new construction of rehabilitation manipulator. Chair of Control and Systems Engineering Division of Control and Robotics, Poznan University of Technology, Poland.

17.20 - 17.40 Session - Social robots.

Krzysztof Arent, Bogdan Kreczmer. The problem of preservation of the identity of a socially intelligent agent capable of migrating into physical embodiments. Wrocław University of Technology.

Bartłomiej Stańczyk. Development of Interactive Urban Robot IURO' ACCREA Engineering, *Lublin*.

17.40 - 18.10 Competition of young robotics scientists for Robin Statue and Robin Arrow.

Radosław Nowosielski. Surgical telemanipulator control platform. Wrocław University of Technology.

Łukasz Mucha. Innovative surgical tools. Silesian University of Technology, Gliwice, Poland.

Przemysław Musz. Kinematic study of tools movements in microsurgery with particular emphasis on microanastomosis. Wrocław University of Technology.

18.10 Coffee break.

18.20 Discussion - Medical Robotics Forum.

19.00 Closing ceremony and announcement of Robin Statue and Robin Arrow winners.

The Robin Heart story

**ZBIGNIEW
NAWRAT**

Foundation of
Cardiac Surgery
Development,
Zabrze, Poland

Streszczenie

Artykuł przedstawia postępy polskiego robota chirurgicznego Robin Heart. Rozpoczęty w 2000 r. projekt wszedł w fazę przygotowań pierwszych produktów, które wejdą na sale operacyjne. Po pierwszych eksperymentach na zwierzętach robotów Robin Heart modeli 1,2, Vision oraz mc2 wiadomo, że robot toru wizyjnego spełnił wszystkie oczekiwania odbiorców. Trwa przygotowanie nowego modelu Robin Heart PortVisionAble, lekkiego, walizkowego robota toru wizyjnego o szerokim obszarze zastosowań w małoinwazyjnej chirurgii tkanek miękkich. Doskonalimy robota narzędziowego Robin Heart oraz mechatroniczne narzędzia serii Robin Heart Uni System. Prowadzimy działania dla uruchomienia w Polsce produkcji robotów medycznych.

INTRODUCTION

The initiated by the author project results are the family of Robin Heart robot and universal mechatronic tools series **Robin Heart** Uni System for use during minimally invasive surgery on the heart and other soft tissues. The number of endoscopic procedures, less invasive than traditional surgery, performed through natural orifices in the patient's body, or through special openings called ports, is on the rise. The purpose of robots is to improve efficiency, repeatability (standardization) and reducing the invasiveness of surgical procedures (extension of the group of patients for whom successful surgical

intervention is possible). Robot is intended to keep the surgeon in the most comfortable, dexterous and ergonomic position.

The **robot** is one of the few words of Slavic origin, which entered the global language of modern science and technology. Medical robotics, as the technical discipline, deals with the synthesis of certain functions of the physician or nurse by means of using some mechanisms, sensors, actuators and computers. Medical robotics includes the manipulators and robots dedicated to support the surgery, therapy, prosthetics and rehabilitation.

Currently several types of medical robotic systems are applied in the surgery, including: **robots replacing the assistant during the operation** – like AESOP, EndoAssist or Polish prototype Robin Heart Vision; **surgical robots** – like Zeus, da Vinci or Polish prototype Robin Heart (*).

ROBIN HEART

We started the first research grant in 2000. Several models of the robot have been developed, differing in control and mounting systems. Spherical model was created (2001), Robin Heart 0 (2002), a prototype of Robin Heart 1 and model of Robin Heart 2 (2003), Robin Heart Vision (2008) and Robin Heart mc2 (2010) and more than 200 publications and presentations at scientific conferences have been prepared till now.

The Robin Heart 0 and Robin Heart 1 have



an independent base and are controlled via an industrial computer and specialist software. The Robin Heart 2 is fixed to the operating table and has two arms, on which one can fix various surgical instruments. The control system uses its own software as well as signal and specialist microprocessors. Thanks to its modular structure, it can be adjusted for surgery of different types. The Robin Heart Vision, will become the surgeon's partner in the operating room next year. It will replace a human assistant who usually holds the endoscope to enable the observation of the operative field of laparoscopic instruments. The Robin Heart Vision is easy to use and install, and will be conveniently carried in a suitcase in future. The Polish heart surgery robot is an original design.

The process of projecting a robot starts by determining the tool-tissue reaction (mechanical characteristic, the forces for specific operations, dynamic analysis of the work of a tool) and the person-tool/

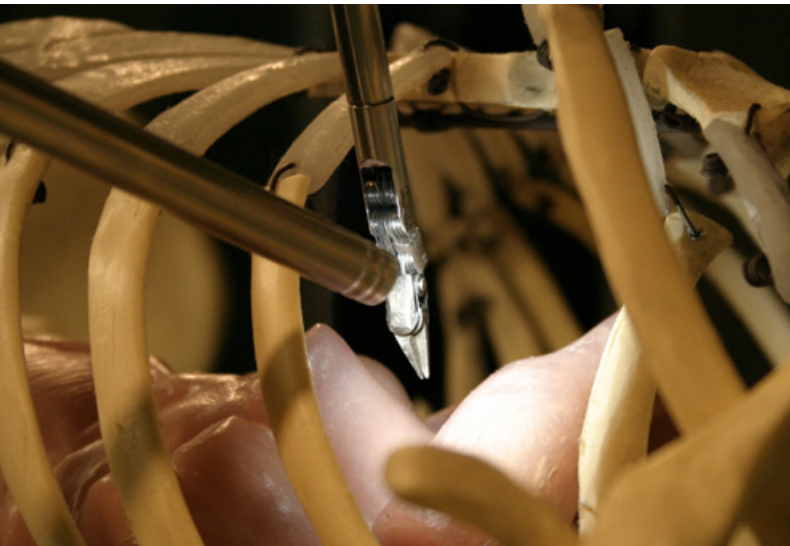


Figure: Research. Virtual and real condition for testing the Robin Heart robot. Using a Virtual Reality technology an interactive model of surgery room equipped with a Robin Heart system was created using EON Professional software. This computer modelling method allows for an advance procedure training and will be used as a low cost training station for surgeons in the future. Model allows for a better understanding process of less invasive surgery treatment and a robot behaviour. The link between this type of modelling and a Computer Aided Design (CAD) techniques is using an accurate CAD robot models in a VR software together with a precise reflection of workspace geometry. This approach gives a surgeon easy and intuitive way to understand a technical information and use it to optimize and plan medical process. Presented model of Operating Room in Virtual Reality environment has been performed in FCSO and successfully used from 2006.

man-machine contact (kinematic analysis of the surgeon's motion). The surgeon's motion and tool trajectory in natural environment are analysed with the use of optical biometry techniques. The forces applied during the impact of tools on tissue during typical surgical activities are measured. The construction assumptions as well as the functionality and ergonomics of the innovative tools can best be verified by means of video-recording. As a result, a user-friendly surgical work station and an efficient surgical tool are constructed.

The robot, or actually a "tele-manipulator", is the first ever tool capable of assisting a surgeon by providing the capability to directly use surgery simulation and planning methods.

The Robin Heart Shell console is equipped with a consulting program that makes it possible to obtain all patients diagnostic information during the operation, as well as elements of operation planning on the screen. The 3D virtual operating theatre introduced in our laboratory allows surgeons to train some elements of an operation, check the best placement of the ports in order to avoid arms collisions.

The introduction of feedback from field operations; the implementation of force-feedback loop, and spatial visualization will improve working conditions in the new surgeon console Robin Heart Shell 3. The robot should provide all the information needed not only to the surgeon to correct tool orientation (vision), but also to take appropriate course of action in this area (selection and tool task).

The future plans connecting with development of polish robot Robin Heart include carrying out of a robotically assisted implantation and service artificial organs like Heart Ventricular Assist Device Polvad (Artificial Organs Robotically Assisted Surgery project – AORobAS) [1].

TESTS

The Robin Heart manipulator has very good and relatively large working space, in which surgeon can select small subspace with very good isotropic kinematics' properties for manipulating of objects with good position accuracy. System was verified both functionally and technically. Standard technical evaluation allowed to estimate the value of positioning resolution equal 0.1 mm. The mile stone of the project were an animal experiment, carried out in January 2009 (Robin Heart model 1, 2, Vision) and May 2010 (Robin Heart mc2) . The operations were performed on pigs at the Centre of Experimental Medicine (CEM), the Silesian Medical University in Katowice. The goal of these experiments was to show the constructors the area of indispensable changes which will be introduced to worked out devices before study of technology of serial production and

clinical initiating. Robin Heart system experiment carried out on pigs allowed to verify many aspects of very complex project and was the source of hints for future development. A pre-operation planning stage included surgeon trainings on virtual anatomy and physical models with the usage of real pig tissues. A common control system for all three robotic arms was created PXI bus hardware, working in real time operating system, controlled by software written in LabView environment.

In the course of the animal experiment the surgical task achieved in the abdominal space was cholecystectomy, and in the chest and heart: the repair of heart valves (with extracorporeal circulation) using the Robin Heart models 1, 2, & Vision. In the last phase of the experiment, the efficiency of the Robin Heart Uni System mechatronic tools was checked – they be mounted on the robot's arm (and controlled from the console) or held in the surgeon's hand (manual control). Elements of operations in the abdomen and heart cavities were successfully performed. The robotically supported TECAB was not performed due to collision of robots during mammary harvesting procedure. It was decided to build a new robot. After 9 months, in 2010 the first experiment was conducted, by means of a specially designed robot Robin Heart mc2. Purpose of the experiments has been achieved: new construction functionality has been accepted by the surgical team.

Robin Heart mc2 creates a completely new job opportunities for surgeon – both in the local area and globally. It can be compiled as an arm of the platform (a small robot with two endoscopic tools and endoscope for observation) or as telemanipulator working for three people – the main surgeon and his assistant, and an assistant holding the endoscope (controlled from console by one operator). It is really new solution for robotically assisted surgery.

As conclusions from the experiment users (surgeons) have expressed good opinion on the ergonomics and possibilities of controlling the robotic arms by means of the Robin Heart Shell console. The opportunities of operating by means of the Robin Heart Uni System, universal mechatronic tool for both; robot and hand, are very promising (as it may be mounted on the robot's arm or controlled manually).

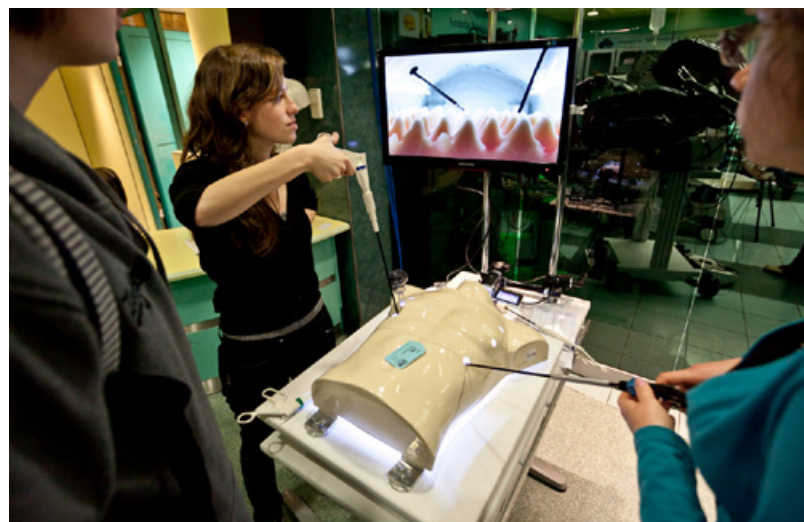
The model of teleoperation has been performed in December 2010 between Zabrze (FCSD) and Katowice (CEM) successfully (signal delay under 1 ms, video delay about 280 ms).

The technical and ergonomic laboratory tests carried out allowed us to verify and improve our robots. Based on the tests found that one of the robot meets all user requirements and the next stages of implementation can start. Robin Heart Vision telemanipulator designed to position the endoscope during surgery is characterized by spherical arm kinematics by 4 de-

grees of freedom and the displacement range of 187°, 117°, 340° and 165 mm. Accuracy of positioning the tip of the robot arm is not worse than 0,1 mm. Surgical robots Robin Heart families need further work to improve strength and performance tools [1].

CONCLUSION

The **Robin Heart** system includes the planning system, training system (Fig 6), experts' program, as well as tele-manipulators and automatic surgical tools. In the Polish Robin Heart surgical robot many of the original solutions were introduced: telescopic sliding motion to move the tool (2002), mechatronic tool "for the hand (2006) and the robot", and Robin Heart mc2 (2010) is the first surgical robot that can work for three persons (two surgeons and assistant responsible for endoscope orientation). Currently, a new model; Robin Heart PortVisionAble, lightweight robot for control endoscopic vision system for wide applications in the area of minimally invasive soft



Original test and training station at Surgical Workshop.

tissue surgery is prepared. We improve surgical robot Robin Heart and mechatronic tools series Robin Heart Uni System. We act for the start of production medical robots in Poland. The Robin Heart family of Polish robots has a chance of becoming a commonly used high-tech technical and tele-medical system facilitating the performance of some parts of operations in minimally invasive, precise manner, safe for the patient and the surgeon.

REFERENCES

- [1] Zbigniew Nawrat. Robot chirurgiczny Robin Heart – projekty, prototypy, badania, perspektywy. Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach. Katowice 2011.
(*) Article was based on publication [1]

Development of a robotic system for spinal surgery

SZYMON
KOSTRZEWSKI,
JOHN MICHAEL
DUFF MD FACS,
CHARLES BAUR,
MARIUSZ
OLSZEWSKI

Streszczenie

Kręgosłup człowieka składa się z 24 ruchomych i 9 połączonych kręgów. Ważne elementy układu nerwowego znajdują się we wnętrzu otworu kręgowego osłoniętego przez otaczającą go kość. W wyniku wypadków lub chorób mogą się pojawić schorzenia, które muszą być leczone chirurgicznie. Ze względu na dużą gęstość ważnych tkanek w tym rejonie, takich jak układ nerwowy lub krwionośny, powodzenie operacji zależy w dużym stopniu od dokładności, z jaką może być ona przeprowadzona. W obecnie używanych metodach manualnych duże znaczenie ma doświadczenie i dyspozycja chirurga.

Aby rozwiązać te problemy opracowano nowy system zrobotyzowany do operacji kręgosłupa. Składa się on z mechanizmu robota pozycjonowanego za pomocą struktury pasywnej, optycznego systemu pomiarowego, urządzenia wejściowego, identyfikacji położenia operowanych kręgów, algorytmów i oprogramowania do planowania operacji i nawigacji. System został przebadany na denatach z udziałem chirurga, osiągając bardzo dobre rezultaty. Omówiono wyniki badań, zaproponowano możliwości dalszych ulepszeń i inne zastosowania systemu.

INTRODUCTION

The adult human mobile spine consists of 24 articulated vertebrae and the adult non-mobile spine is made up of 9 fused vertebrae. Critical neural structures lie inside the spinal canal, protected by the surrounding bone. The spinal cord extends from the skull base to the junction of the first and second lumbar vertebrae, and the remainder of the spinal canal contains the nerves of the cauda equina. Trauma or certain disease processes destroying the protective bony spine may result in catastrophic neurologic

problems, therefore much of spinal surgery focuses on restoring the stability and protective capacity of the vertebral column. This involves the placement of metal implants for restoration of mechanical stability of the spine.

Spinal stabilization frequently entails placement of pedicle screws within the vertebrae. One of the challenges is to optimize screw placement into an anatomical structure (ie the pedicle) which is not directly visible to the surgeon. Mechanical efficiency of the fixation construct depends to a large extent on optimal screw placement. Avoidance of iatrogenic



Figure: Elements of the system for spine surgery: M- marker of the optical tracking system, R- robot, PS- arms of the passive structure



Figure : Surgical Input device used for patient registration

complications related to the neural structures and adjacent vascular structures also depends to a large extent on optimal screw placement. Therefore spinal fixation remains a challenging and often high risk procedure, particularly so in the cervical spine

With standard freehand techniques, the screw trajectory is judged visually based on pre-operative imaging and on the surgeon's experience and anatomic knowledge [1]. Fluoroscopic images may be taken to verify the precision of the chosen trajectory. Such techniques require access to widely available spinal instrumentation systems, with no requirement for additional equipment. Therefore the technique relies heavily on the surgeon's experience and can be subject to human error. Precision is also an issue as the fluoroscopic images provide limited information. The technical challenge requires good manual skills and coordination and the ability to mentally visualize in 3D the surrounding anatomy. Due to these technical challenges, a screw misplacement rate in the spine of 30-50% has been reported [2].

Navigation systems already exist which measure the position of surgical instruments and patient position in the operating room. From the extensive research in state of the art spine surgery a clear answer to where and when navigation technology should be used remains elusive [2]. Due to improved accuracy of image-guided procedures over freehand techniques, the capacity for screw placement in all parts of the spine (e.g. cervical) is enhanced. However, image-guided spinal surgeries are still done with freehand technique, albeit aided by image guidance. Tracked instruments are still subject to inherent inaccuracies because of human constraints as such manual precision can be subject to human variability. This technique is demanding on the surgeon as he needs to coordinate real-world surgery with virtual surgical planning on the screen. Inherent errors, if they occur, may be significant, and for this reason staff training is important. Despite thorough verification of the registration accuracy, problems are common. Accuracy indicators in the operating room do not necessarily reflect absolute precision and can be misleading [3, 4].

Few attempts have been made to introduce robotic systems in spinal surgeries. A Miro robotic system for general medical applications was developed by the German Aerospace Center DLR. It is designed for surgical telemanipulation with extended software support. The robotic part of the system consists of three, 7-degrees-of-freedom, lightweight robotic arms [5]. In the proposed set-up for the spine surgery the robot holds directly the drill and is navigated by the surgeon using impedance control and taking into account pre-operative planning.

The Mazor SpineAssist robotic system for spine surgery consists of a compact, 6-degrees-of-freedom, robot attached to the spine with a base platform and a work station for planning and navigation [6]. The system can be used only in the lower spine, where the margin for error is much greater. Registration is based on matching between pre-operative CT scans and intra-operative fluoroscopic images acquired with a calibrated C-arm. In the next step, the robot moves to the calculated spatial position and the surgeon performs surgery via the tool guide. During the intervention the robot acts as a tool holder (passive guidance). The system was tested with good results [7].

Other developments in robotized spine surgery involve: the Cooperative Robotic Assistant [8], Spinebot [9] and Universal Prismatic Spherical Robot but none of them provides a complete solution for spine surgery planning and execution with the capacity to place implants in the whole spine.

In this paper the design of a robotic system using upper cervical spine surgery as a test model is described. Compared with above mentioned systems it has several advantages. Robotic assistance addresses the issues of handheld techniques. This compact robot is held by a passive supporting structure and the design of this kinematic chain is adapted for operating in the cervical spine with capability for use throughout the whole spine. The system uses standard commercially available surgical instruments. Screw trajectory is defined by the robot based on surgical planning, but the drilling and implant insertion is performed by the surgeon so that he has direct

visual and tactile feedback. The system incorporates a new surgical input device, intended for use directly from the sterile field, with an adapted user interface for ease of use in the operating room.

SURGERY WORKFLOW AND SYSTEM ELEMENTS

The system consists of a compact robot positioned over the patient by a passive supporting structure. There is also an optical tracking system, surgical input device and workstation with software for planning and navigation. The system elements are shown in figure 1. Preoperative surgical planning is performed defining optimal screw trajectories. Following surgical exposure, individual vertebral registration is carried out. Approximate robot positioning is manually done by the surgeon after unlocking the passive structure. The surgeon displaces the passive structure holding the robotic device so that the screw trajectory lies within the robot's workspace. At this point the robot starts to automatically follow pre-planned trajectory. The passive structure is now locked in position. Kirschner wire placement and screw placement are performed through the instrument guide.

A robot with four degrees of freedom was developed for the surgical system. It has two moving arms, rigid and flexible, connected with a drill guide holder which creates a parallel kinematic chain (ref. Figure 1). Combining arms translations in plane perpendicular to the trocar axis, two rotations and two translations of the drill guide holder are achieved. The kinematic chain is mechanically irreversible which is favourable for the security during power cut. Mechanical play in the system was countered in a whole chain. For control and optimization, robot kinematic and dynamic models were defined. Tests were done to ensure robot rigidity and necessary adjustments were carried out. In the experimental setup, a separate robot control device was connected by Ethernet to the workstation running navigation software.

The robot is positioned using the passive supporting structure which has a workspace sufficiently generous to attain the required position in space needed during surgeries. The passive structure can be adapted for use in different surgeries, e.g. ENT. As a result, the robot can be used on bilaterally and at multiple spinal levels which is often required in spine surgeries.

The system uses an optical tracking system which consists of a camera, sterilisable active markers and a pointer. Markers are attached to the robot and the vertebra to be navigated. The pointer can be used to define point coordinates in space. The marker's position and rotation have a certain measurement noise affecting accuracy on the vertebrae.

In the operating room surgeon needs to interact

with the system in an intuitive and efficient manner. A new surgical input device was developed for this purpose and is shown in figure 3. It is a wireless joystick which has buttons, a switch and a trackball. It has accelerometers and a gyroscope and can be integrated into a trackable pointing instrument. Buttons have assignable functions which are activated depending on context of the application. For example to define a point during patient registration or to control the robots position with accelerometers etc. User can select one of the modes with a button. The trackball is used to adjust the 3 dimensional viewer of the navigation software. The input device has a fixation for attaching the pointer of the trackable pointing instrument.

The navigation software assists the surgeon in the operating room. It's workflow is adapted to the surgery. It controls all devices of the system. Navigation software implements registration algorithms. The surgeon can verify accuracy of tracking and registration by correlating the virtual and real world. A central part of the user interface is a 3 dimensional viewer where the target anatomy, the robot, the trackable pointing instrument and markers are rendered in real time.

EXPERIMENTS

Six cadaver experiments to test the system were done at department of anatomy of the University Hospital of Lausanne CHUV, Switzerland, in collaboration with the department of neurosurgery. The entire system was assembled to closely approximate operating room conditions. An experienced neurosurgeon did the planning and carried out the cadaver tests. As a surgical model to test the feasibility of the system, placement of transarticular C1/C2 screws was chosen as one of the most technically demanding, and requiring a very high precision. The rationale behind this being, that if the robotic device were sufficiently precise for this technique, it would meet or exceed the need for precision of implant placement throughout the rest of the spine.

Following the cadaver tests, results were documented on post-implantation CT scans. Measure of screw placement error is composed of a translational and a rotational part. Translational error is the distance between the axis of the placed screw and planned trajectory at the pars (isthmus) of the C2, the zone of highest risk in C2 instrumentation. Rotational error is the angle between the placed screw and the planned trajectory. Results are shown in table 1. Significant errors of screw 2 placement in experiment III and IV were due to "minor" drill slippage at the entry point on the vertebrae where there is an oblique angle between the bone surface and the drill trajectory. This issue was resolved by adapting drilling technique.

The purpose of these experiments was to verify the system concept and identify potential sources of error. Several improvements were sequentially implemented throughout the experiments.

Standard manual surgical technique was adapted for this application. Several modifications were developed in order to avoid drill slippage on the surface of the vertebrae and K-wire bending before reaching the bone.

RESULTS

Accuracy of the screw placement in six cadaver experiments is shown in table 1. The mean translational error is 1.94 [mm] and mean rotational error is 4.35° (excluding solved problems with drill slippage). These errors are comparable to clinical results using a standard handheld technique according to our experience. The experiments enabled to identify several sources of error which have been since amended. In last experiment, in which all mentioned improvements were implemented in the system, very high accuracy was attained (0.41 [mm] and 2.56°, ref. experiment VI in Table 1). Further cadaver testing is planned to validate our preliminary results.

CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

This paper presents a development and a feasibility study of a robotic system for cervical spine surgery. The experiments showed that it can be used in this type of surgery. "Surgery" done with the proposed system does not appear to take more time for the procedure in comparison with standard image guided freehand techniques.

Additional research among surgeons was performed in the goal of discovering their specific needs

Table: Accuracy of the screw placement in the six cadaver experiments done with the proposed system

Experiment	Screw	Translational error [mm]	Rotational error [°]
I	1	3,47	8,92
II	1	1,36	4,19
III	1	1,81	6,6
	2	5,14	8,33
IV	1	2,42	4,25
	2	6,19	4,97
V	1	2,4	2,37
	2	1,95	3,6
VI	1	1,68	2,31
	2	0,41	2,56

in the context of spine surgeries. The results have shown that apart from issues with screw implant precision, surgeons are concerned about X-Ray exposure of the medical staff. In the operating room many intra-operative images are taken in order to verify precision which leads to a very high radiation doses. They confirm that system should work on the whole spine and should assist principally in placing screw-based implants. Use of non-cannulated tools and pedicle probe is preferred to solutions involving K-wire due to bending effect on the sides of cortical bone. Apparently there are many problems linked to currently used navigation techniques. In some cases big errors appear caused by a detaching marker frame from the vertebrae. During multi-level operations, when many vertebrae are operated, repeating registration for each vertebra is not practical. For this reason surgeons place implants on many levels while tracking only one which at least demands additional precision verification techniques that are not present. Currently the surgical workflow contains many laborious tasks (e.g. pre-operative PC-based planning, registration, fluoroscopic verification). These would be removed by introducing precise systems (no need for fluoroscopic verification), automatic registration and intra-operative planning.

Potential advantages of the proposed system include improved precision of spinal implant placement, improved patient and surgeon security with a reduction of inbuilt errors, possible reduction in surgical experience needed to safely perform such procedures. Undoubtedly, success at the craniocervical junction (ie first and second cervical vertebrae) with precise implant placement would indicate that similar techniques and methods could be applied at other spinal levels in the thoracic and lumbar areas.

Some limitations exist in the proposed system. Even though each part of the system was tested together and separately for feasibility purposes it needs validation of reproducibility of accuracy with further cadaver experiments superior to that described in the current literature. Ex-vivo experiments had been conducted and proved that needed accuracy can be achieved. Ultimately sterile draping of the robotic device and the adjacent passive structure will need to be envisaged prior to any clinical testing.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the National Center of Competence in Research CO-ME in Switzerland.

REFERENCES

- C. A. Dickman and V. K. Sonntag. Posterior atlantoaxial transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis. *Neurosurgery*, 43(2):275–280, 1998.
- T. Tjardes, S. Shfizadeh, D. Rixen, T. Paffrath, B.

Bouillon, E. S. Steinhausen, and H. Baethis. Image-guided spine surgery: state of the art and future directions. *European Spine Journal*, 19(1):25–45, 2010.

L. T. Holly, O. Bloch, and J. P. Johnson. Evaluation of registration techniques for spinal image guidance. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 4(4):323–328, 2006.

J. M. Fitzpatrick and J. B. West. The distribution of target registration error in rigid-body point-based registration. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 20(9):460–465, 2001.

U. Hagn, R. Konietzschke, A. Tobergte, M. Nickl, S. Jörg, B. Köbler, G. Passig, M. Gröger, F. Fröhlich, U. Seibold, L. Le-Tien, A. Albu-Schäffer, A. Nothhelfer, F. Hacker, M. Grebenstein, and G. Hirzinger. DLR Miro-Surge: a versatile system for research in endoscopic telesurgery. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 5(2):183–193, 2010.

M. Shoham, I. H. Lieberman, E. Benzel, D. Togawa, E. Zahavi, B. Zilberstein, M. Roffman, A. Bruskin, A. Fridlander, L. Joskowicz, S. Brink-Danan, and N.

Knoller. Robotic assisted spinal surgery — from concept to clinical practice. *Computer Aided Surgery*, 12(4):105–115, 2007.

I. Pechlivanis, G. Kiriyanthan, M. Egelhardt, M. Scholz, S. Lücke, A. Harders, and K. Schmieder. Percutaneous placement of pedicle screws in the lumbar spine using a bone mounted miniature robotic system. *Spine*, 34(4):392–398, 2009.

J. Lee, I. Hwang, K. Kim, S. Choi, W. K. Chung, and Y. S. Kim. Cooperative robotic assistant with drill-by-wire end-effector for spinal fusion surgery. *Industrial Robot: An International Journal*, 36(1):60–72, 2009.

G. B. Chung, S. G. Lee, S. M. Oh, B.-J. Yi, W. K. Kim, Y. S. Kim, J. I. Park, and S. H. Oh. Development of SPINE-BOT for spine surgery. In *Proceedings of 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pages 3942–3947, Sendai, 2004.

Gramkow C. On averaging rotations. *International Journal of Computer Vision* 2001, 42(1/2):7-16.



fol. www.dreamstime.com

STIFF-FLOP: €7.35 million to develop first generation stiffness controllable robotic instruments for heart and cancer surgery

KASPAR ALTHOFER
KINGS COLLEGE LONDON

Octopuses and robots will lead to new ways for surgeons to safely and effectively intervene in cancers, prostate and heart conditions.

The Centre for Robotics Research (www.Kings-CoRe.com) in the Department of Informatics at King's College London leads a consortium of European scientists and medical doctors aiming to create soft, flexible robotic tools to improve "keyhole" or minimally invasive surgery (MIS). The European team will research and create robotic technology that will enable doctors

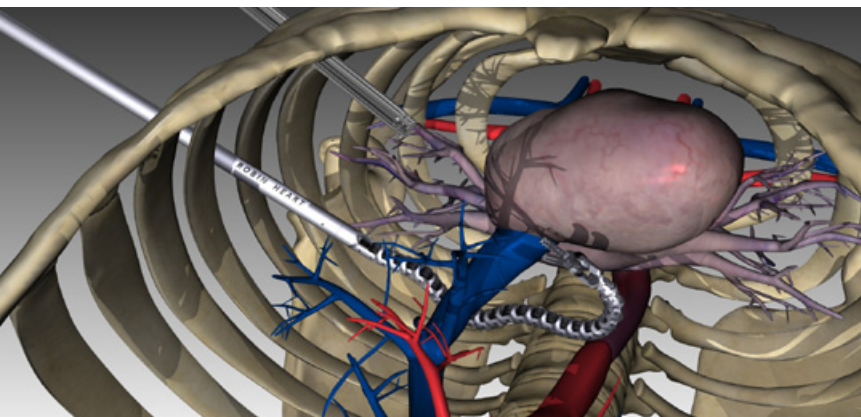
robotised system and improved ergonomics for the surgeons, the da Vinci® system continues to make use of rigid instruments severely restricting the areas they can reach during operations. Severing the physical interaction with the patient (something that laparoscopic surgeons experience routinely during their operations) results in a complete loss of haptic feedback to the robotic surgeon and is considered another disadvantage of the da Vinci® system.

The consortium, led by roboticists Prof. Kaspar Althoefer, Prof. Lakmal Seneviratne and Dr. Thrishantha Nanayakkara and robotic surgeon, Prof. Prokar Dasgupta, takes inspiration from research in the EU project "OCTOPUS", which studies the way octopuses

interact with their environment, and how to make robots emulating their skills. The new project will use these ideas to create novel manipulation concepts based on flexible robot arms capable of controlling their stiffness along their body: When entering the body through a tiny incision point these arms will bend around organs and operate on parts of the body that could not be reached previously. The robot arm will stiffen once its tip has reached the point of intervention allowing the surgeon to carry out surgical procedures comfortably and accurately.

The restricted vision, the difficulty in handling the instruments, the lack of tactile perception and the limited working area are factors which add to the technical complexity of laparoscopic surgery. The advanced technology of the instruments to be developed by the team in the Centre for Robotics Research will address all these restrictions and open up the option of more advanced procedures likely to advance cancer surgery and cardiac interventions, and possibly impact on other surgical procedures in the thorax, the brain and the spine.

The project which is funded for four years and led by King's College London involves collaboration with 11 other engineering and medical partners across Europe. Please find more information on www.STIFF-FLOP.eu



to carry out a far greater range of minimally invasive surgical procedures than previously possible, advancing interventions on cancer, prostate and the heart. The project called STIFF-FLOP (STIFFness controllable Flexible and Learnable manipulator for surgical OPerations) has received €7.35 million funding from the European Union's 7th Framework Programme following a highly-competitive selection process.

Keyhole surgery is commonly carried out with laparoscopic tools. Recently, surgeons have started employing a new tool, the da Vinci® Surgical System by Intuitive Surgical, whereby robot-assisted instruments are used to conduct minimally invasive or keyhole surgery. Despite a number of notable advances over current laparoscopic methods, such as reduced training time for the surgeons, ease of use of the

The project consortium consists of:

- King's College London, UK (Coordinator) – contact Prof. Kaspar Althoefer, k.althoefer@kcl.ac.uk, +44 207 848 2431
- Scuola Superiore Di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna, Italy – contact Prof. Arianna Menciassi, arianna.menciassi@sssup.it
- Fundacion Tecnalia Research & Innovation, Spain – contact Prof. Fabrice Morin, fabrice.morin@tecnalia.com
- Przemyslowy Instytut Automatyki i Pomiarow, Poland – contact Jakub Głowka, jglowka@piap.pl
- Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia, Italy – contact Prof. Darwin Caldwell, darwin.caldwell@iit.it, +39 10 71781 407
- The Hebrew University of Jerusalem, Israel – contact Prof. Benny Hochner, bennyh@lobster.ls.huji.ac.il, +97 2 26585080
- University of Surrey, UK – contact Dr. Chakravarthini Saaj, C.Saaj@surrey.ac.uk, +44 1483 682225

- Universitaet Siegen, Germany – contact Prof. Hubert Roth, hubert.roth@uni-siegen.de, +49 271 740 4439
- The Shadow Robot Company Limited, UK – contact Rich Walker, rw@shadowrobot.com, +44 207 700 2487
- Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii im Prof Zbigniewa Religi, Poland – contact Prof. Zbigniew Nawrat, nawrat@tlen.pl, +48 32 3735664
- Stichting E.A.E.S, Italy – contact Prof. Alberto Arezzo, alberto.arezzi@mac.com, +39 3358378243
- Universita Degli Studi Di Torino, Italy – contact Prof. Mario Morino, mario.morino@unito.it, +39 115574355

The project STIFF-FLOP is funded under the 7th Framework Program, grant agreement 287728, THEME 3: "Information and Communication Technologies"

STIFF-FLOP Workshop at FRK – Agenda



STIFFness controllable Flexible and Learnable manipulator for surgical Operations

Venue: Foundation for Cardiac Surgery Development (FRK)
Zabrze, Poland

Date: December 4, 5, 6, 2012

4 December 2012

11.00 - 12.30

Welcome Note & Introduction
Z. Nawrat/K. Althoefer

12.30 - 14.00

Lunch

14.00-19.00

ROS Workshop with RAs/PhD students of the STIFF-FLOP

Project:

Current issues of partners

Integration map

Demonstration of current platform with integrated

manipulator/sensors/control/haptics

SOFA Simulator

Shadow & Tecnalia

20.00

Dinner

5 December 2012

9.00 - 13.00

Introduction to the Surgical Workshop
Presentation of the best in Poland

New Center for Medical Simulation of

Medical University of Silesia FCSD Laboratory visit

Z. Nawrat

Katowice SUM (Silesian Medical University)

13.00 - 14.00

Lunch

14.00 - 19.00

Progress & Current State of the Art in the STIFF-FLOP

WP 1: Hyper-redundant Mechanisms (Lead: SSSA)

WP 2: Multi-modal Sensing (Lead: KCL)

WP 3: Cognitive Development in Bio-inspired Manipulators (Lead: IIT)

WP 4: Underactuated Control and Human Robot (Lead: UoS)

WP 5: Interaction System Requirements Integration,

Validation and Implementation/Benchmarking (Lead: Shadow)

D5.2 report (Conception of Benchmarking Platform) with discussion & summary

Management/Dissemination/Action List SSSA, KCL, IIT, UoS, Shadow, KCL/USIEGEN

20.00

Dinner

6 December 2012

9.00 - 12.00

Medical Robots 2012 Satellite Session, Masters of surgery (with help of EAES and SCCS)

Silesian Center for Heart Diseases, Prof Zbigniew Religa Conference Room, Zabrze

Yoav Mintz. Flexible, articulating and pre-shaped instruments for MIS: benefits and problems. Israel.

Alberto Arezzo. Perspectives of transanal surgery or State of the Art of NOTES in Europe. Italy.

Georg Kaehler. Perspectives of transgastric surgery or Clinical Impact of NOTES. Germany

Silesian Center for Heart Diseases, Zabrze Piotr Knapik - ECMO

Michał Zembala - Ablation

Marcin Krasoń - AAA stentgraft

Krzysztof Filipiak, Tomasz Niklewski - Percutaneous

Roman Przybylski, Krzysztof Wilczek - TAVI

Jacek Białkowski - PAVTI & Innovative interventional cardiology device

Jerzy Pacholewicz – POLVAD RELIGA

Szymon Pawlak – Pediatric VAD

12.00 - 13.00

Lunch

13.00 - 18.00

Surgical Workshop Part 1:

From classic surgery to MIS (minimal invasive surgery) and next – Robin Heart robotically assisted surgery training stations
Surgical Workshop Part 2:

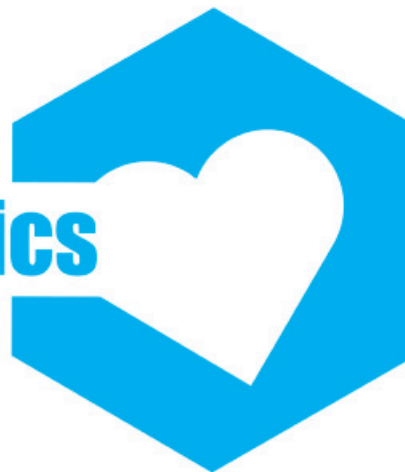
From MIS (minimal invasive surgical) inspiration to stiffness controllable machines

Trials on the objects from Stiff-Flop project or their models

19.00

Dinner together with Medical Robotic Conference Guests.

International Society for Medical Robotics



Invitation

You are cordially invited to join the International Association for Medical Robotics / International Society for Medical Robotics ISMR. Currently we are the Witnesses of the expansion of medical robotics into medicine areas. Unlike industrial robots, medical robots operate directly in the human being environment of and on behalf of Him. It's a fascinating area of research and often create a need to introduce a completely new design and technological solutions. Robots are a chance to introduce new standards of service and medical care, and are the only solution to problems related to general support of the old or disable patients in the future. It depends on us how fast will the development of this important field, and how accurate will the decisions related to it. Feel free to work actively in the Association! The Association is a voluntary, self-governing, a permanent association of science and technology, bringing together members whose professional activities or interests related to the medical robotics.

So - this is OUR ASSOCIATION!

President
Zbigniew Nawrat

Ladies and Gentlemen,

All interested in joining the International Association for Medical Robotics and support its statutory activities we invite you to submit personally or send by mail a signed declaration by the membership. At the same time, please refer to the Statute.

Zaproszenie

Serdecznie zapraszam do przystąpienia do Międzynarodowego Stowarzyszenia na rzecz Robotyki Medycznej / International Society for Medical Robotics ISMR. Jesteśmy świadkami ekspansji robotyki na obszar medycyny. W odróżnieniu od robotów przemysłowych roboty medyczne działają w bezpośrednim oddziaływaniu i na rzecz człowieka. To fascynujący obszar badań naukowych i często potrzeba wprowadzenia zupełnie nowych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych. Roboty stanowią szansę na wprowadzenie nowych standardów usług i opieki medycznej, są jedynym rozwiązaniem problemów związanych powszechną obsługą osób niepełnych. To od nas zależy jak szybki będzie rozwój tej ważnej dziedziny i jak trafne będą podejmowane decyzje z jej rozwojem związane. Zapraszam do aktywnej pracy w Stowarzyszeniu! Stowarzyszenie jest dobrowolnym, samorządnym, trwałym zrzeszeniem o charakterze naukowo-technicznym, skupiającym członków, których działalność zawodowa lub zainteresowania wiążą się z robotyką medyczną.

Czyli – to NASZE STOWARZYSZENIE!!

Zbigniew Nawrat
Prezydent

Szanowni Państwo,

Zapraszamy wszystkich zainteresowanych przyłączeniem się do Międzynarodowego Stowarzyszenia na rzecz Robotyki Medycznej i wspieraniem działalności statutowej do złożenia osobiście lub drogą pocztową podpisanej deklaracji członkostwa.

www.medicalrobots.eu



MEMBERSHIP DECLARATION

I apply for being admitted to the International Society for Medical Robotics with registered office in Zabrze, 345a Wolności St., as :¹

☐ ORDINARY MEMBER

☐ SUPPORTING MEMBER

I hereby state that I have been acquainted with the Articles of Association, the objectives and tasks of the Society and oblige myself to observe them, as well as to actively participate in the Society's activities, regular payment of membership fee and conscientious implementation of the resolutions passed by the Society's Authorities.

I consent to storage and processing of my personal data by the Association pursuant to the Law on the Personal Data Protection dated August 29th 1997 (Journal of the Laws of the Polish Republic – 2002 No 1010. Entry 926 et seq.) for the purposes of Society's statutory activities. I reserve the right to have access to my personal data, their correction and completion.

I consent to receive information to my email address or by means of other electronic carriers according to the stipulations of the law on electronic services provision dated 18.02.2002 (Journal of the Laws of the Polish Republic – 2002 No 144. Entry 1204 et seq.)

Personal details / Company details:²

1. Surname and Name (s)/ Company/ Institution name:

2. Legal status:

3. Names of parents:

4. Date and place of birth:

5. KRS/EDG Number:

6. Place of residence/ registered office:

7. Identity card Number/PESEL/NIP/REGON:

8. Telephone / e-mail:

Place, date

Signature

Please, send the completed and signed Declaration to the following address:

**Międzynarodowe Stowarzyszenie na Rzecz Robotyki Medycznej
ul. Wolności 345a, 41-800 Zabrze**

Membership fees should be transferred to the following bank account:

Bank PEKAO S.A. O/Zabrze, konto nr: 65 1240 4849 1111 0010 4050 7597

¹ Please, mark which membership status you wish to obtain by marking the appropriate box with X. Only one option may be selected. An ordinary member is a physical person. A supporting member is a legal person or physical person that declares support (financial, in-kind or substantive) for the accomplishment of the Society's statutory objectives.

² The details concerning companies/ institutions are filled in by supporting members only.

The Foundation of Cardiac Surgery Development

in Memorial of Zbigniew Religa

The Foundation was established in 1991 and its' main goal has been to support the development of Polish cardiac surgery as well as to introduce into clinical usage modern technologies of heart treatment, including introduction of first Polish mechanical heart assist prosthesis. For this purpose, Foundation, in its own Heart Prosthesis Institute created in 1993, consistently conducts research and development works related to the Polish artificial heart, biological heart valve, cardiac surgery robot and quite recently biotechnologies in heart prosthesis development. Institute's laboratory area is about 1100 m² and the researches are carried out by highly qualified personnel (presently there are about 50 employees), including scientists, engineers and technicians of different fields.

Institute's researches are performed in four main laboratories:

- Artificial Heart Laboratory, focusing on basic, practical and implementation researches on extracorporeal heart assist devices and heart prostheses, clinical investigation on heart prostheses experimental application, hospitals staff's trainings in the field of mechanical heart assistance usage and new technology in extracorporeal heart and lung support,
- Biological Heart Valve Laboratory, focusing on researches on construction and technology of biological heart valve prostheses development and pro-

duction, researches on biological tissue preservation technology, experimental clinical investigations on new developed heart valves and tissue products,

- Biocybernetics Laboratory, focusing on cardiac surgery robotic development, mathematical modelling for cardiac and vascular surgery support, basic researches on various theoretical subjects concerning the artificial heart, heart valve prostheses' laboratory tests and equipment,

- Biotechnology Laboratory focusing on researches on cells culturing technology in relation with heart muscle cells treatment, researches on technologies of cells and tissue culturing in relation with in vitro biological heart components growing.

The Foundation's activities involving funds acquisition, research and development works and training comply with

ISO 9001:2008 Quality

Management System.

The Foundation has obtained the status of **Centre of Excellence of New Technologies of Heart Diseases Treatment "Procordis"**.

Centres of Excellence of New Technologies of Heart Diseases Treatment "Procordis"

The Foundation has been appointed as the coordinator of **the Polish Artificial Heart Program for 2007- 2012** set forth by the Resolution of the Polish Council of Ministers and the main contractor of all construction works in a strategic project run under the Program.

www.frk.pl





RobinHeart

SYSTEM

MEDICAL ROBOTS



RobinHeart
SYSTEM
MEDICAL ROBOTS