

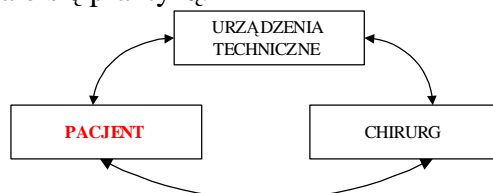
Grzegorz ILEWICZ, Koło Naukowe Biomechaniki przy Katedrze Mechaniki Stosowanej Politechniki Śląskiej

TELEMANIPULATORY KARDIOCHIRURGICZNE W OPERACJACH MAŁOINWAZYJNYCH

Streszczenie: W pracy omówiono trzy telemanipulatory medyczne: Zeus, da Vinci i RobIn Herat, które zostały zbudowane, aby asystować w małoinwazyjnych operacjach kardiochirurgicznych. Scharakteryzowano również operację pomostowania aortalno-wieńcowego, bez użycia sztucznego płuco-serca, przeprowadzoną z użyciem telemanipulatora medycznego.

1. WSTĘP.

Nowoczesne pole operacyjne jest miejscem styku: pacjenta, zespołu operacyjnego oraz wysokospecjalizowanych urządzeń technicznych. Nie jest to podejście nowe, ponieważ od stuleci medycyna na bieżąco korzysta z osiągnięć świata techniki. Zastosowanie sztucznych narzędzi, wynalazczość w zakresie genetyki czy ostatnio coraz bardziej powszechnie użycie telerobotów medycznych stało się praktyką.



Rys. 1. Nowoczesne pole operacyjne

Obecnie obserwuje się dynamiczny proces konsolidacji środowisk: inżynierskich i medycznych. Potrzeba tworzenia doskonałych urządzeń mechaniczno-elektronicznych będących jednocześnie dostosowanymi do charakterystyki pola operacyjnego wymogła tworzenie interdyscyplinarnych zespołów badawczych łączących doświadczenia zdobyte we własnych dziedzinach. Przykładem udanej interakcji: wiedza medyczna, wiedza inżynierska jest cała gamma przeprowadzonych operacji z udziałem robotów chirurgicznych w takich dziedzinach jak m.in.: ortopedia, neurologia, czy kardiochirurgia. Podejście, w którym to lekarz przedstawia problem, inżynier realizuje jego techniczne rozwiązanie, ocena efektu końcowego przeprowadzana jest zarówno metodami inżynierskimi jak i lekarskimi jest konieczne w celu wyeliminowania zagrożenia, jakie urządzenie może wprowadzać w przypadku błędnego wykonania. Dodatkowo urządzenie musi być przyjazne w użytkowaniu.

Szczególnego podejścia wymaga grupa robotów, którą można zakwalifikować jako roboty kardiochirurgiczne. Ponieważ nie są to urządzenia w pełni autonomiczne należy dołożyć szczególnych starań w zakresie dostosowania ich struktury do interakcji z chirurgiem, dla którego robot jest w dalszym ciągu jedynie asystentem. Idealną sytuacją byłaby taka, w której oprócz eliminowania wad organizmu człowieka takich jak np. redukcja drgań przenoszonych z ręki chirurga poprzez narzędzie do operowanej tkanki,

robot byłby przedłużeniem receptorów człowieka, t.j. chirurg nie mając bezpośredniego kontaktu z tkanką odczuwałby z nią kontakt zmysłowy (obecnie istnieje jedynie wzrokowe sprzężenie zwrotne pomiędzy chirurgiem i miejscem operacji). Chodzi tu o przeniesienie uczucia dotyku z tkanki do dłoni chirurga.

2. TELEMANIPULATORY KARDIOCHIRURGICZNE.

Obecnie najbardziej spopularyzowanymi robotami wykonującymi procedury kardiochirurgiczne są dwa telemanipulatory medyczne wyprodukowane w Stanach Zjednoczonych. Zeus (*prod. Computer Motion Inc.*) jest telemanipulatorem o konstrukcji kinematycznej typu Scara. Posiada budowę typu master-slave. Konsola wyposażona w układ dwóch zadajników ruchu jest częścią nadrzędną przekazującą polecenia chirurga do podrzędnej części, którą są ramiona robota. Jego powstanie związane jest ze wcześniejszym osiągnięciem amerykańskich inżynierów, t.j. laparoskopowym ramieniem o nazwie AESOP (*Auto Endoscopic System for Optimal Positioning*) wykorzystywanym do pozycjonowania endoskopu. Zeus stanowi połączenie trzech ramion Aezop, z których dwa wyposażone są w instrumentarium operacyjne, a trzecie manewruje endoskopem, przenosząc obraz z wnętrza operowanego pacjenta na panel obserwowany przez chirurga wykonującego operację. Ruch endoskopu powodowany jest głosem chirurga.[2] Wymaga to jak na razie wcześniejszego programowania komend głosowych, indywidualnie dla każdego chirurga, ze względu na różnice w poziomie, wysokości czy sposobie artykulowania polecenia.

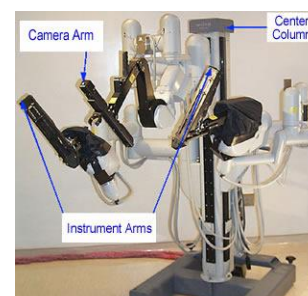


Rys.2. Telemanipulator medyczny Zeus [2]

Oprócz dogodności wynikających z laparoskopowej charakterystyki operacji wykonywanej przy użyciu tego robota, dodatkowo otwiera się szerokie pole dla tzw. telekonferencji, podczas których może zostać utworzone cyfrowe połączenie pomiędzy wieloma miejscami na całym globie, do których przesyłany jest obraz z endoskopowej kamery. Umożliwia to szeroko pojętą konsultację operacyjną w czasie rzeczywistym wśród grona specjalistów bez ich bezpośredniej obecności na sali operacyjnej lub w jej pobliżu.

Kolejnym krokiem jest upowszechnienie chirurgii dalekiego dystansu. W operacjach tego typu chirurg steruje robotem oddalonym od niego w znacznej odległości. Pierwszej tego typu operacji dokonano 21 września 2001 roku. Chirurg w Nowym Jorku sterował ruchami robota Zeus znajdującego się w Strasburgu we Francji. Odległość pomiędzy pulpitem sterowniczym a robotem wynosiła kilka tysięcy kilometrów. Przeprowadzono udaną operację woreczka żółciowego.

Da Vinci (*prod. Intuitive Surgical*) podobnie jak Zeus posiada architekturę typu master-slave. Został wyposażony w trzy/cztery ramiona zamocowane na jednej kolumnie. Trzy



Rys.3. Telemanipulator med. Da Vinci [3]

stanowią ramiona operacyjne zakończone końcówkami roboczymi typu EndoWrist o budowie wzorowanej na ludzkim nadgarstku, czwarte steruje ruchem endoskopu. Końcówki tego typu posiadają 6 stopni swobody oraz dodatkowo ruch otwarcia/zamknięcia narzędzia, czyli 2 stopnie swobody więcej w porównaniu ze standardowym przyrządem laparoskopowym. Obraz z endoskopu przekazywany jest w technologii InSite, w której synchronizacja obrazu z dwóch kamer tworzy trójwymiarowy obraz pola operacyjnego widziany przez chirurga w systemie okularów umieszczonych w konsoli sterującej. Podczas operacji część slave robota zostaje dostosowana do wymogów sterylności pola operacyjnego, konsola sterująca master znajduje się poza obszarem sterylnym. Narzędzia operacyjne i endoskop są montowane do konstrukcji robota poprzez sterylne adaptory różne dla endoskopu i narzędzia. Da Vinci został wyposażony w układ jezdny w postaci kół umożliwiających jego sprawne przemieszczanie, którego ruchy są blokowane po osiągnięciu wymaganej pozycji. Konsola sterująca robota umożliwia dopasowanie podłokietników oraz sytemu wizyjnego dla konkretnego użytkownika w celu zapewnienia maksymalnej wygody podczas wykonywanej procedury chirurgicznej.[3]

Również Polacy mogą się poszczycić robotami przystosowanymi do operowania ludzkiego serca. W *Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii w Zabrze* powstały trzy prototypowe konstrukcje robota RobIn Heart:0,1 i 2. Są one pomysłem dr Zbigniewa Nawrata, który w połączeniu z inżynierami z wielu ośrodków naukowych realizuje to ambitne jak na polskie realia przedsięwzięcie.



Rys.4. Telemanipulator medyczny RobIn Heart [1]

Konstrukcyjne RobIn Heart składa się z dwóch ramion wyposażonych w małoinwazyjne narzędzia operacyjne oraz trzeciego, którego zadaniem jest pozycjonowanie endoskopu. Sterowanie robotem odbywa się w układzie dwóch zadajników ruchu, których budowa wzorowana jest na konstrukcji przyrządu laparoskopowego, umiejscowionych w konsoli sterującej. Robot podobnie jak Zeus i da Vinci posiada architekturę typu master-slave. Łańcuch kinematyczny robota realizuje dwa ruchy obrotowe oraz ruch prostoliniowy wózka, na którym znajduje się instrumentarium operacyjne lub endoskop. Obroty wykonywane są wokół punktu stałego umiejscowionego poza robotem. Przestrzeń robocza robota ma charakter sferyczny. RobIn Heart nie odbiega możliwościami od swoich amerykańskich „konkurentów” jednak jego cena jest o wiele niższa. Telemanipulatory kardiochirurgiczne asystują obecnie w takich procedurach kardiochirurgicznych jak m.in.: operacje pomostowania aortalno-wieńcowego (CABG) na zatrzymanym i bijącym sercu (OPCABG), naprawa zastawki mitralnej, naprawa zastawki trójdzielnej, zamknięcie ubytku przegrody międzyprzedsionkowej (ASD), drenaż osierdzia.[4]

3. OPERACJE NA BIJĄCYM SERCU.

Do niedawna operacja kardiochirurgiczna była związana z wykonaniem sternotomii oraz użyciem sztucznego płuco-serca zapewniającego krążenie pozaustrojowe. Niestety taka technika operacyjna prowadziła do dużego urazu operowanego regionu (sternotomia – rozcięcie mostka) często utrudniającego oddychanie oraz patologii występujących podczas sztucznego nasycania krwi tlenem, mogącymi w efekcie prowadzić do udarów mózgu, infekcji, zakażeń etc.[6] Nowoczesna kardiochirurgia związana jest z małoinwazyjnością przeprowadzanych procedur kardiochirurgicznych oraz wyeliminowaniem sztucznego płuco-serca. Wykorzystanie urządzeń laparoskopowych zapewniło zmniejszenie operacyjnego urazu. Powrót pacjenta do zdrowia stał się znacznie szybszy, a odczuwany przez niego pooperacyjny ból znacznie mniejszy. W wielu przypadkach zrezygnowano z zastosowania sztucznego krążenia przeprowadzając operacje na bijącym sercu z wykorzystaniem mechanicznych stabilizatorów i pozycjonerów serca.

Operacja pomostowania aortalno-wieńcowego (*CABG*) ma na celu ominięcie, powstałej w wyniku rozrostu blaszki miażdżycowej, niedrożności w naczyniu wieńcowym, która jest powodem niedokrwienia serca. Wszczepiane pomosty (*bypassy*) łącząc aortę z naczyniami wieńcowymi omijają niedrożne miejsca zapewniając właściwe ukrwienie serca. Operacja (*CABG*) z wykorzystaniem telemanipulatora kardiochirurgicznego (*OPCABG*) zapewnia wycięcie pomostu z tętnic piersiowych wewnętrznych lewej lub prawej (*LIMA* lub *RIMA*) z zapewnieniem małoinwazyjności (wykonywane są cztery małe nacięcia, przez które wprowadzany jest endoskop i instrumentarium operacyjne, takie jak elektronarzędzie monopolarne bądź kleszczyki za pomocą, których dokonuje się wycięcia tętnicy). Pomostowanie jest wykonywane przy użyciu kardiochirurgicznego stabilizatora tkankowego, który ma za zadanie uspokojenie operowanego regionu serca.[3]



Rys.5. Stabilizator tkankowy [5]

LITERATURA

- [1] Świat Techniki, wrzesień 2004 s. 32
- [2] http://trueforce.com/Medical_Robotics/Medical_Robotics_Companies/zeus.htm (11.04.2005)
- [3] www.intuitivesurgical.com (11.04.2005)
- [4] <http://awards.schools.nsw.edu.au/2004-winners/7/overview.htm> (11.04.2005)
- [5] www.medtronic.com (11.04.2005)
- [6] http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2000_Groups/Heart_Surgery/OPCAB.htm (11.04.2005)

CARDIOSURGICAL ROBOTS IN MINIMALLY INVASIVE SURGERY

Abstract: Three medical telemanipulators: Zeus, da Vinci and RobIn Heart which are made to assist in minimally invasive cardiosurgical operations are presented in this paper. Minimally Invasive Coronary Artery Bypass Grafting using medical manipulator, without using a heart-lung machine (*OPCABG*) is also characterized in this paper.