

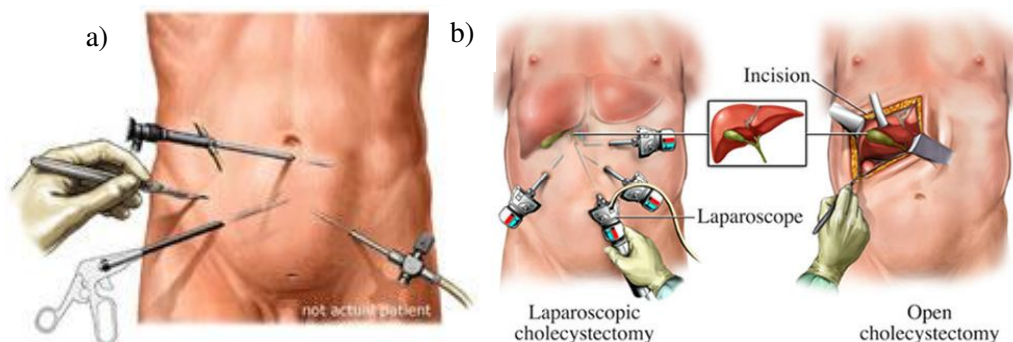
Grzegorz ILEWICZ, Zakład Mechaniki Ogólnej i Biomechaniki, Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska

SYNTEZA STAŁOPUNKTOWEGO MECHANIZMU ROBOTA MEDYCZNEGO DLA POTRZEB CHIRURGII MINIMALNEGO URAZU

Streszczenie. W pracy przedstawiono rozwiązania konstrukcyjne telemanipulatorów kardiochirurgicznych stosowanych w chirurgii minimalnego urazu. Szczególną uwagę skierowano na rozważa dotyczące implementacji mechanizmów równoległowodowych zapewniających stałopunktowość kinematyczną z punktem stałym umiejscowionym poza ramieniem robota. Zaproponowano wprowadzenie modyfikacji w geometrii łańcucha kinematycznego telemanipulatora oraz zwiększenie ruchliwości w celu rozszerzenia możliwości operacyjnych podczas wykonywania procedur minimalnie inwazyjnych.

1. WSTĘP

Chirurgia przez „dziurkę od klucza”, jak potocznie określa się postępowanie chirurgiczne, którego efektem jest likwidacja tkanek patologicznych przy minimalnym urazie tych chorobowo niezmienionych, stała się powszechną formą przeprowadzania zabiegów chirurgicznych na organizmie człowieka [3,4,5]. Ten sposób postępowania operacyjnego – w wielu procedurach będący na dzień dzisiejszy złotym standardem – wymaga wykorzystywania specjalistycznego instrumentarium w postaci narzędzi endoskopowych i endoskopowej kamery przenoszącej obraz z wnętrza operowanego ciała na panel obserwowany przez zespół operacyjny [3,4,5].

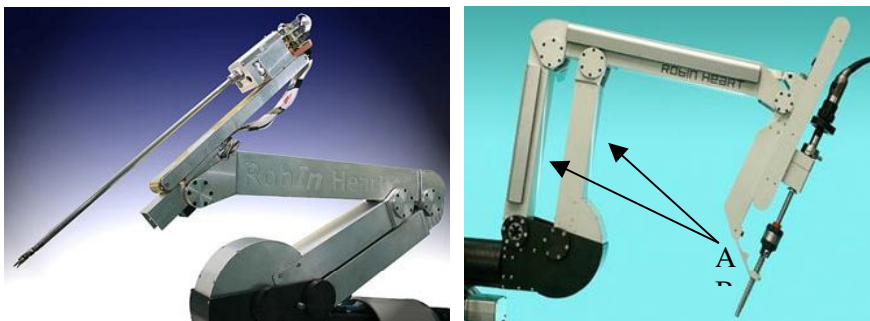


Rys.1. a) laparoscopia - minimalnie inwazyjna operacja jamy brzusznej z użyciem standardowego instrumentarium endoskopowego b) cholecystektomia – usunięcie woreczka żółciowego w sposób klasyczny i minimalnie inwazyjny [8]

Wykorzystywane w tego typu zabiegach małoinwazyjne narzędzia mogą być pozycjonowane w sposób bezpośredni – dłonią chirurga lub z wykorzystaniem systemów chirurgicznych o postaci teleoperatorów, których przykładem mogą być komercyjne systemy **Aesop**, **Zeus**, **Da Vinci** (rys.2) oraz grupa polskich prototypowych konstrukcji **Robin Heart** (rys.3) [4,5].



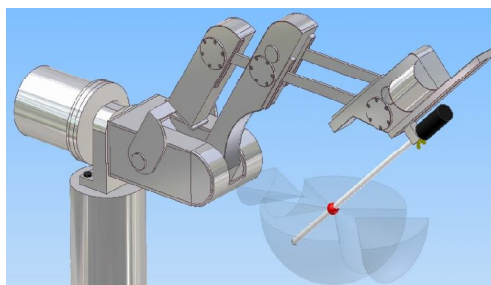
Rys.2. Systemy chirurgiczne Aesop, Zeus, Da Vinci [9,10,11]



Rys.3. System chirurgiczny Robin Heart 1, Vision [4]

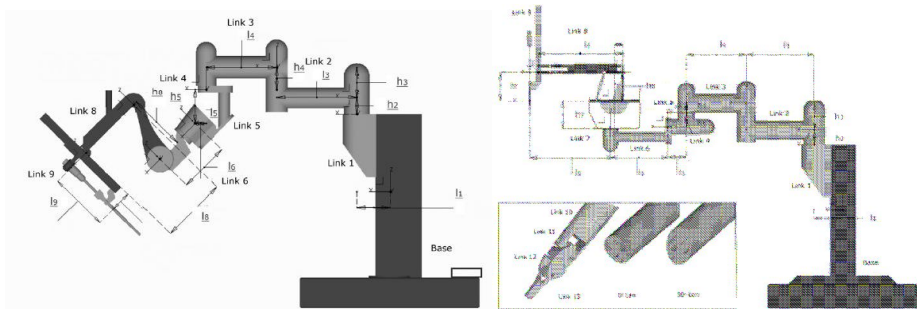
2. MECHANIZM RÓWNOLEGŁOWODOWY

Jednym z podstawowych mechanizmów stosowanych w telemanipulatorach medycznych jest mechanizm równoległowodowy. Rozwiązanie konstrukcyjne takiej postaci jest wykorzystywane w celu zapewnienia stałopunktowości kinematycznej z punktem stałym umiejscowionym poza ramieniem robota (rys.4)



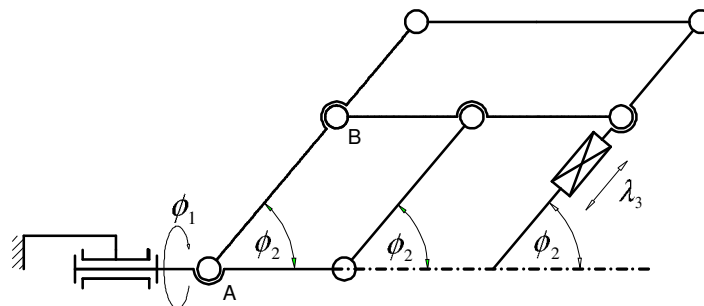
Rys.4. Wirtualny model ramienia telemanipulatora z zaimplementowanym mechanizmem równoległowodowym z zaznaczeniem punktu stałego i przestrzeni roboczej o charakterze sferycznym [1]

Stosowanie tego typu rozwiązania konstrukcyjnego warunkuje kształt przestrzeni roboczej, która ma charakter sferyczny (rys.4) o środku w punkcie stałym i zmiennym promieniu czego efektem jest ruch prostoliniowy narzędzia w trzecim stopniu swobody [1,2] – w obrębie pary kinematycznej, postępowej piątej klasy. Mechanizm tego rodzaju został zastosowany w najpowszechniej stosowanym klinicznie telemanipulatorze medycznym da Vinci (rys.5)



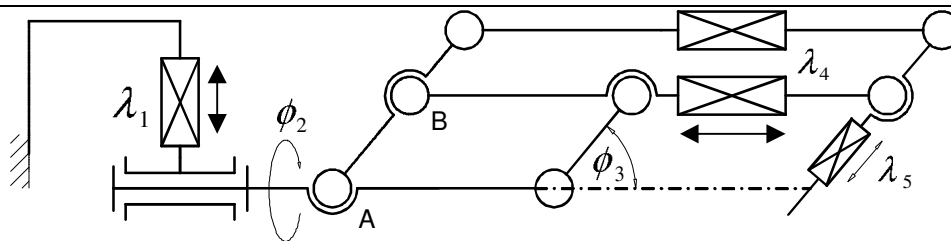
Rys.5. System chirurgiczny da Vinci z mechanizmem stałopunktowym stosowanym do pozycjonowania endoskopowej kamery i multiswabodnego endoskopowego narzędzia [6]

Konstrukcja równoległowodowa jest również integralną częścią Polskiego telemanipulatora kardiochirurgicznego Robin Heart. Podstawowe stopnie swobody zapewniające możliwość operacji minimalnie inwazyjnej (po przejściu narzędzia przez port w ciele pacjenta) zostały przedstawione na schemacie 6.



Rys.6. Schemat układu kinematycznego ramienia telemanipulatora kardiochirurgicznego

Ruchliwość rzeczywista mechanizmu pokazanego na rysunku 6 wynosi $R=3$ (ruchliwość teoretyczna obliczana typowymi formułami jest ujemna, a więc mechanizm zalicza się do grupy mechanizmów nieracjonalnych [7]). Układ kinematyczny (rys.6) może wykonywać dwa obroty o kąty ϕ_1 i ϕ_2 w obrębie par kinematycznych rotacyjnych piątej klasy i jeden ruch prostoliniowy w obrębi pary postępowej o długość λ_3 . W celu zwiększenia możliwości operacyjnych struktury telemanipulatora zaproponowano zwiększenie stopni swobody do 5-ciu co zostało zaprezentowane na rysunku 7. Takie podejście umożliwia dynamiczną zmianę położenia punktu stałego o wartość λ_4 (rys.7) bez konieczności przemieszczania całego ramienia telemanipulatora podczas przeprowadzanej operacji na organizmie człowieka. Dodatkowo celowym wydaje się ograniczenie długości cięgien równoległowodu (na rys. 6,7 cięgno AB) ze względu na zmniejszenie masy układu ramienia robota oraz zmniejszenie odległości środków mas segmentów ramienia od osi stopni swobody wokół których wykonywane są obroty konstrukcji.



Rys.7. Schemat układu kinematycznego ramienia telemanipulatora kardiochirurgicznego ze zmodyfikowaną geometrią cięgien równoległowodu i zwiększoną ruchliwością

Zmniejszenie długości cięgien równoległowodu (na rys.3 profile rurowe AB ramienia Robin Heart) spowoduje zmniejszenie wartości sił bezwładności pojawiających się podczas ruchów obrotowych ramienia telemanipulatora, co w rezultacie może doprowadzić do minimalizacji drgań końcówki operacyjnej.

LITERATURA

- [1] Ilewicz G.: Kształtowanie geometrii mechanizmu stałopunktowego w celu zwiększenia możliwości operacyjnych telemanipulatora kardiochirurgicznego. Postępy Technologii Biomedycznych 2007 pp. 355-364
- [2] Ilewicz G, Tejszerska D., Nawrat. Z.: Modelling of endoscopic camera teleoperator. BioMedTech Silesia 2006
- [3] Kaska Ł., Śledziński Z., Kobiela J., Makarewicz W., Stefaniak T.: Porównanie jakości życia po operacjach laparoskopowych i klasycznych. Wideochirurgia i inne techniki małoinwazyjne 2006; 2: 77–86
- [4] Nawrat Z. (red.): Roboty Medyczne. Zabrze 2007
- [5] Nawrat Z. (red.): Postępy Technologii Biomedycznych. Zabrze 2007
- [6] Sun L., Van Meer F., Yan Bailly, Kwong Yeung C.: Design and Development of a Da Vinci Surgical System Simulator. Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation
- [7] Wojnarowski J., Uhl T.(red.): Teoria maszyn i mechanizmów. Kraków 2004
- [8] www.greatrivermc.com/minimally_invasive.htm (27.04.2008)
- [9] www.smallcapreview.com/ (27.04.2008)
- [10] www.technovelgy.com/ct/Science-Fiction-News.asp?NewsNum=227 (27.04.2008)
- [11] www.aahs.org/news/rhrn/images/davincis_robot.jpg (27.04.2008)

SYNTHESIS OF CONSTANT POINT MECHANISM OF MEDICAL ROBOT FOR NEEDS OF MINIMALLY INVASIVE SURGERY

Summary. Constructions of cardiosurgical telemanipulators applied in minimally invasive surgery are presented in this paper. Special attention was aimed on considerations relating implementations of parallel mechanisms which realize constant point kinematics with a constant point positioned outside the robot's arm. Modifications of geometry of telemanipulator kinematic chain and enlargement of mobility in order to increase surgical possibility during minimally invasive procedures are proposed in this paper.