

Roboty chirurgiczne

Ryszard Tadeusiewicz

Początki zastosowania robotów w chirurgii

Wielka precyzja i powtarzalność pracy robotów wykorzystywanych w przemyśle prowokowały wręcz do tego, by to nowoczesne narzędzie spróbować wykorzystać w chirurgii. Pierwszym, który to zrobił, był dr Yik San Kwoh w Long Beach Hospital (Kalifornia). Zastosował on w 1985 roku robota PUMA 200 do wprowadzenia igły biopsyjnej do mózgu pacjenta (rys. 1).



Rys. 1. Pierwsze użycie robota do celów chirurgicznych

(Źródło: <https://www.diomedia.com/stock-photo-dr-yik-san-kwoh-with-robotic-surgery-equipment-image15546231.html>, dostęp lutego 2020)

Zanim wykonał tę czynność na głowie człowieka przeprowadzał (podobno) bardzo wiele prób, nakłuwając za pomocą robota dojrzałe arbuzy i sprawdzając, gdzie trafiała igła. Doświadczenia z pierwszej operacji wykonanej przy pomocy robota Kwoh opisał w artykule [2]. Trzeba przyznać, że rola robota w tej operacji była bardzo ograniczona: posłużył on tylko do tego, żeby ustawić igłę do biopsji we właściwym położeniu (gdy pacjent był daleko od niego), po czym robota unieruchomiono (wyłączono nawet zasilanie, żeby się przypadkowo nie poruszył!). Następnie pacjenta wsunęto pod robota i lekarz, korzystając z ustawionej we właściwym położeniu i unieruchomionej igły – ręcznie wprowadził ją do mózgu pacjenta, przysuwając jego głowę do nieruchomej igły – a nie odwrotnie.

Pomimo tych środków ostrożności operacja wywołała niezbyt korzystne komentarze zarówno w środowiskach medycznych, jak i wśród techników. Ciekawa była zwłaszcza reakcja producenta robotów PUMA (*Westinghouse Limited*) na tę rewelację. Otóż wydał on oświadczenie, w którym odmówił zgody na używanie jego robotów w celach chirurgicznych na sali operacyjnej! W oświadczeniu podkreślano, że konstruktorzy robota zakładali, iż będzie on używany w specjalnie ogrodzonych pomieszczeniach, do których w czasie pracy robota ludzie

nie mają wstępu. To założenie było konieczne, bo ówczesne roboty przemysłowe były uważane za urządzenia niebezpieczne. Zresztą nie bez racji – robot przemysłowy to maszyna bardzo silna, a przy tym szybka i nieposiadająca zmysłów (w szczególności czujników obecności człowieka). Jeśli więc człowiek znajdzie się na drodze zaprogramowanego ruchu robota – może zostać przez niego poturbowany. Zdarzały się zresztą takie wypadki. W związku z tym w przemyśle obowiązywała zasada: tam, gdzie są roboty, nie może być ludzi, a tam, gdzie są ludzie – nie ma robotów.

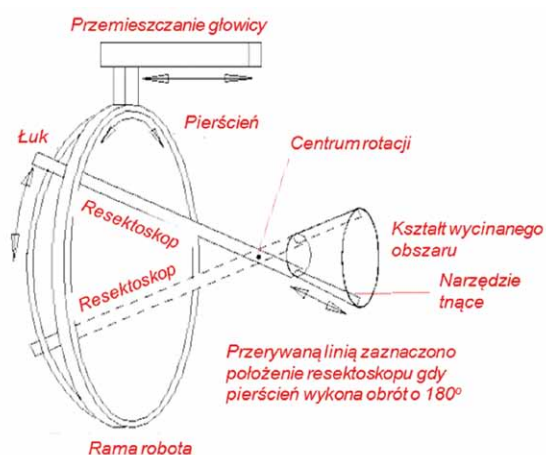
A tu nagle robot na sali operacyjnej, w bezpośrednim kontakcie z pacjentem i z lekarzami!

Mimo kilkukrotnego potwierdzenia przez zespół dra Kwoha, że robot może bardzo sprawnie, precyzyjnie, szybko i w pełni automatycznie ustawiać narzędzie chirurgiczne (igłę do biopsji) we właściwym stereotaktycznie położeniu – prace te przerwano.

Robot, który jako pierwszy naprawdę sam operował

Mimo braku formalnego poparcia dla działań dra Kwoha zainteresowanie chirurgów możliwościami, jakie stwarzała ówczesna robotyka, na szczęście jednak nie zmalało. Już w 1988 roku podjęta została kolejna udana próba zastosowania robota przy operacji łagodnego guza prostaty. Odważnym chirurgiem był dr Senthil Nathan, a operacja przeprowadzona była w Guy's and St Thomas' Hospital w Londynie przy użyciu robota o nazwie PROBOT.

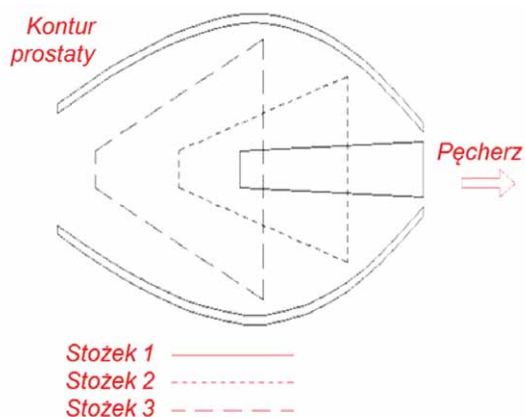
Powstał on w Imperial College w Londynie jako konstrukcja dedykowana do zastosowania w chirurgii. Był zupełnie niepodobny do PUMY i do innych robotów przemysłowych. Jego głównym elementem była rama, a w niej pierścień prowadzący tnące narzędzie zamocowane na końcu resektoskopu (rys. 2).



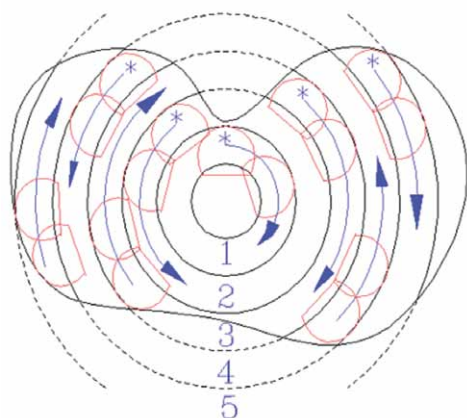
Rys. 2. Schemat kinematyczny robota PROBOT przeznaczonego do operacji prostaty

(Źródło: opracowanie własne)

reklama



Rys. 3. Kąt rozwarcia kolejnych wycinanych przez robota stożków wzdłuż osi prostaty (Źródło: opracowanie własne)

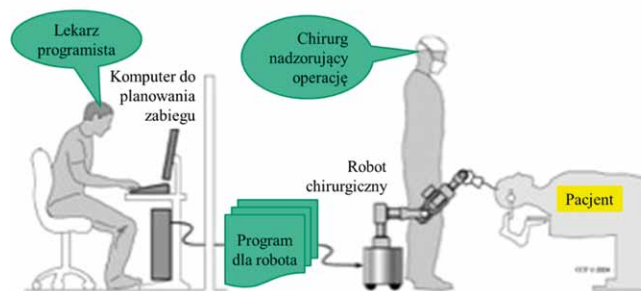


Rys. 4. Rozmieszczenie kolejnych wycinanych przez robota stożków na przekroju prostaty (Źródło: opracowanie własne)

Ze względu na swoją kinematykę PROBOT mógł usuwać fragmenty tkanki miękkiej o kształcie ściętego bocznie stożka, w związku z tym, planując zabieg, trzeba było zaprojektować obszar cięcia w formie zbioru takich stożków. Trzeba było znaleźć kąt rozwarcia stożka w zależności od głębokości położenia usuwanego fragmentu wzdłuż osi prostaty (rys. 3), a także opracować schemat rozmieszczenia poszczególnych wycinanych stożków na przekroju narządu (rys. 4).

Twórcy PROBOT-a ambitnie chcieli, by robot chirurgiczny działał podobnie, jak roboty przemysłowe: dostawał kompletny program przeprowadzenia operacji i korzystając z tego programu, działał całkowicie sam (rys. 5).

Ten ideał udało się zrealizować. Po zaplanowaniu przebiegu operacji (do czego służyło specjalnie stworzone do tego celu oprogramowanie) chirurg mógł już jedynie biernie obserwować, jak robot wykonuje operację, nie angażując się ani w sam zabieg, ani w sterowanie robotem (rys. 6). Oczywiście w przypadku zaobserwowania jakichś nieprawidłowości w działaniu robota – chirurg wkraczał do akcji i wyłączywszy robota, kończył operację sam.



Rys. 5. Model robotycznego zabiegu w pełni zaprogramowanego przed jego rozpoczęciem (Źródło: opracowanie własne)



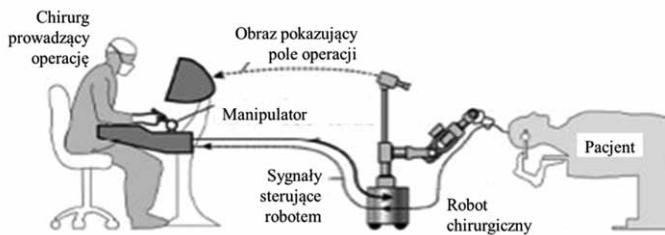
Rys. 6. Operacja prostaty wykonywana przez robota PROBOT. Chirurg jedynie nadzoruje przebieg operacji, którą robot wykonuje według wcześniej precyzyjnie ustalonego programu

(Źródło: <https://www.imperial.ac.uk/mechatronics-in-medicine/research/probot/overview/> dostęp luty 2020)

Zmiana paradygmatu robotów chirurgicznych

Zbudowanie i praktyczne wypróbowanie robota chirurgicznego, który po odpowiednim zaprogramowaniu mógł operacje wykonywać całkiem sam, było dużym sukcesem i słusznym faktem ten odnotowuje się zarówno w historii chirurgii, jak i w historii robotyki. Jednak ta droga okazała się błędna. Organizm każdego człowieka jest inny, więc kształt, rozmiary i lokalizacja narządu, na którym trzeba wykonać operację, są różne. Różne są także kształty i lokalizacje tych fragmentów narządu, które należy w wyniku operacji usunąć. W efekcie aprioryczne programowanie robota, bardzo efektywne w zastosowaniach przemysłowych, gdzie kształty i wymiary obrabianych elementów finalnych wyrobów są powtarzalne w długich seriach – w przypadku robotów chirurgicznych nie zdaje egzaminu. Dla każdego pacjenta trzeba by było tworzyć osobny program, który byłby potem użyty tylko raz. To się nie opłaca.

Dlatego w robotach chirurgicznych od początku ich istnienia aż do chwili obecnej stosuje się schemat pokazany na rysunku 7. Chirurg prowadzący operację siedzi przy konsoli, w której ma do dyspozycji obraz pokazujący pole operacji (jeśli trzeba, to



Rys. 7. Typowy sposób używania współczesnych robotów chirurgicznych (Źródło: opracowanie własne)

rejestrwany wewnątrz ciała pacjenta w bezpośrednim sąsiedztwie operowanego organu) i za pomocą manipulatora steruje ramionami robota przeprowadzającego operację. Wprowadzenie takiego sposobu działania bardziej przypomina korzystanie ze zdalnie sterowanego manipulatora niż używanie typowego robota – ale okazał się on praktycznie użyteczny i jest obecnie powszechnie stosowany.

Pierwszy robot ortopedyczny

Kontynuując wątek historyczny dotyczący różnych pionierskich robotów chirurgicznych, można wspomnieć o wprowadzonym do użytku w 1992 roku robocie ROBODOC. Był on wąsko wyspecjalizowany, podobnie jak PROBOT, przy czym jego domeną była chirurgia twarda (ortopedyczna), a konkretnie operacje stawu biodrowego. Przy operacjach ortopedycznych chwilami chirurg musi działać z dużą siłą – i w tym zakresie robot może go skutecznie wspomagać.

Koncepcję tego robota opracował już w 1986 roku dr Howard Paul we współpracy z ortopedą, dr. Williamem Bargarem, ale do jego zbudowania i praktycznego użycia potrzeba było aż 6 lat. Robota wykonała specjalnie powołana w tym celu (w listopadzie 1990 roku) firma Integrated Surgical Systems (ISS) przy współpracy z firmą komputerową IBM, która wyłożyła w celu utworzenia ISS kwotę 3 mln dolarów. Robota ROBODOC (rys. 8) zbudowano z gotowych modułów, łącząc część mechaniczną robota przemysłowego produkowanego przez firmę Sankyo Seiki Mfg Co. Ltd. z oprogramowaniem ORTHODOC (*Orthodoc Presurgical Planner*). Zanim robot ten (określany skromnie *Surgical Assistant System*) został użyty w operacjach przeprowadzanych na ludziach, dr Paul (który był weterynarzem) wykonał za pomocą robota ROBODOC aż 26 operacji stawu biodrowego u psów. Wreszcie 7 listopada 1992 roku przeprowadzono (w Sutter General Hospital w Kalifornii) pierwszą operację stawu biodrowego u człowieka. Pacjentem był 64-letni mężczyzna. Operacja w pełni się udała, co spowodowało, że FDA (*US Food and Drug Administration* – amerykańska instytucja nadzorująca między innymi procesy wprowadzania nowych technik do medycyny) dopuściła do przeprowadzenia 10 następných operacji przy użyciu tej techniki jako tzw. *feasibility study* (studium wykonalności).

Wszystkich 10 operacji wykonanych przez robota ROBODOC zakończyło się sukcesem, w związku z czym w październiku 1993 roku FDA uruchomiła badania porównawcze na grupie 300 pacjentów, z których 150 operowanych było za

reklama



Rys. 8. Robot ROBODOC

(Źródło: https://www.alibaba.com/product-detail/ROBODOC-Surgical-System_133523979.html dostęp lutego 2020)

pomocą robota ROBODOC, a 150 w sposób tradycyjny (ręcznie). Dla przeprowadzenia tych badań eksperymentalnych wykonano następnym egzemplarze robota ROBODOC i zainstalowano je w dwóch szpitalach amerykańskich (New England Baptist w Bostonie oraz w Shadyside w Pittsburghu), a także w szpitalu Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik we Frankfurcie (w Niemczech). Jeszcze przed zakończeniem wzmiankowanych badań porównawczych roboty ROBODOC zaczęły być sprzedawane właściwie na cały świat, natomiast po ogłoszeniu wyników badań zapotrzebowanie na nie tak wzrosło, że firma ISS zaczęła być notowana na nowojorskiej giełdzie. Dla zamknięcia tematu tego robota pokażemy jeszcze na rys. 9 zdjęcie z operacji ortopedycznej (kolana) wykonywanej przy pomocy ROBODOC-a, którego kilkaset egzemplarzy pracuje do dzisiaj na całym świecie. Więcej informacji na temat historii technicznego powstania i medycznego sukcesu robota ROBODOC znaleźć można w pracy [5].



Rys. 9. Operacja ortopedyczna wykonywana z wykorzystaniem robota ROBODOC

(Źródło: https://www.researchgate.net/publication/43352313_Surgical_and_Interventional_Robotics_-_Core_Concepts_Technology_and_Design_Tutorial/figures dostęp lutego 2020)

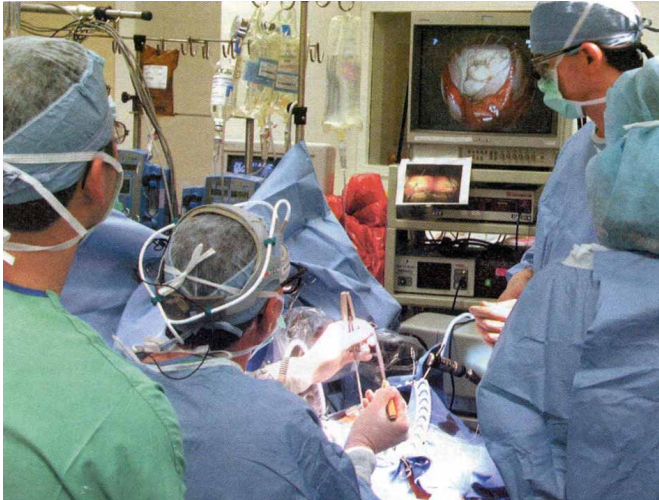
Robot ZEUS

Zanim przejdziemy do omawiania robotów chirurgicznych da Vinci – które z całą pewnością w chwili obecnej są najpopularniejszymi i najlepszymi (jak twierdzi wielu specjalistów) urządzeniami w rozważanej tu kategorii – poświęmy trochę uwagi robotowi chirurgicznemu ZEUS. Był to jedyny robot, który mógł zagrozić dominującej roli robota da Vinci, bo miał porównywalne możliwości, a mógł być tańszy. Robot ZEUS został wyeliminowany z rynku w ten sposób, że produkująca go firma, Computer Motion, została w 2003 roku wykupiona przez produkującą robota da Vinci firmę Intuitive Surgical Inc. Nowy właściciel natychmiast wstrzymał budowę i sprzedaż robotów ZEUS, dzięki czemu da Vinci stał się niekwestionowanym liderem na rynku robotów chirurgicznych. Spójrzmy jednak na historię przegranego, to znaczy robota ZEUS, bo zawiera ona wiele ciekawych i pouczających wątków.

Roboty ZEUS produkowane były od 1995 roku, przy czym 1996 rok poświęcono na ich testowanie na zwierzętach, a potem stosowano je już do wykonywania operacji na ludziach, zwłaszcza że uzyskano na to aprobatę wspomnianej wyżej instytucji FDA, ważnej w USA, ale bardzo opiniotwórczej także w skali całego świata. W 1998 roku przy pomocy robotów ZEUS wykonano wiele zabiegów spełniających warunki chirurgii mało-inwazyjnej, w tym także operacji na bijącym sercu – między innymi zakładanie bajpasów tętnic wieńcowych (CABG – *coronary artery bypass surgery* oraz E-CABGTM – *endoscopic coronary artery bypass grafting*). Warto dodać, że w momencie wprowadzania robota ZEUS firma Computer Motion miała już wyrobioną markę w środowiskach medycznych, ponieważ wcześniej produkowała cenione systemy endoskopowe AESOP (*Automated Endoscopic System for Optimal Positioning*, rys. 10).

Ciekawa była też droga, jaką firma doszła do produkcji tych właśnie systemów dla zastosowań medycznych. Otóż zanim zaczęła pracować na rzecz szpitali i służby zdrowia – firma funkcjonowała jako SBIR (*Small Business Innovation Research*) przy NASA (amerykańskiej Narodowej Agencji Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej). Dla potrzeb NASA firma Computer Motion wytwarzała systemy zdolne do dokonywania na orbicie delikatnych regulacji oraz napraw takich elementów wahadłowca kosmicznego, do których ludzie bezpośrednio nie mogli dotrzeć ze względu na ciasnotę lub z powodu miniaturowych rozmiarów elementów wymagających manipulacji. Jak wiadomo, pojazd kosmiczny na ogół nie da się naprawiać od zewnątrz, więc do każdego uszkodzonego czy wadliwie działającego elementu dotrzeć trzeba od środka, a do tego celu sprawny endoskop jest po prostu niezbędny.

Zahamowanie rozwoju floty wahadłowców kosmicznych (obecnie całkowicie wycofanych z użycia) spowodowało, że firma, która przez lata zdobywała doświadczenie, „grzebiąc w trzewiach” statku kosmicznego, musiała zająć się czymś innym – przeniosła więc te doświadczenia na „grzebanie we wnętrzościach człowieka”. Zrobiła to z bardzo dobrym skutkiem i zyskała dobrą opinię w środowiskach medycznych. Był to znakomity „posag” dla robota ZEUS, który był wersją AESOP, mającą możliwości nie tylko obserwacji, ale i manipulacji we wnętrzu ciała pacjenta. Tych możliwości manipulacji było



Rys. 10. Operacja prowadzona z wykorzystaniem AESOP

(Źródło: <http://www.womensheart.org/images/Aesop.jpg>; dostęp: luty 2020)

bardzo dużo, wystarczy powiedzieć, że w 2000 roku ZEUS był wyposażony w 28 różnych narzędzi chirurgicznych.

Ogólna budowa robota ZEUS była dosyć podobna do robotów da Vinci, które będą dokładniej opisane w następnym rozdziale, więc zamiast opisem – posłużymy się fotografią przedstawiającą tego robota (rys. 11).

Współczesne roboty chirurgiczne – system da Vinci

Budowa robota da Vinci

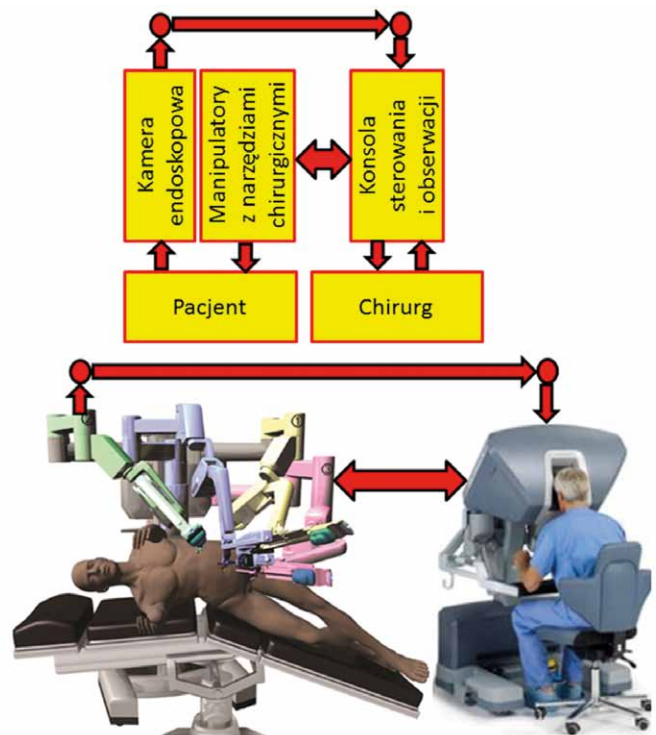
Obecnie na świecie większość robotów chirurgicznych to roboty systemu da Vinci wytwarzane przez firmę Intuitive Surgical Inc. Robot taki składa się z dwóch głównych części, pokazanych na rysunku 12. Z prawej strony znajduje się konsola lekarza, który widzi stereoskopowy obraz pola operacyjnego i kieruje ruchami narzędzi chirurgicznych wewnątrz ciała pacjenta, korzystając z dwóch manipulatorów (dżojstików) oraz pedału. Po lewej stronie widoczna jest część robota, która ma styczność z ciałem pacjenta, więc musi być absolutnie sterylna. U góry przedstawiono uproszczony schemat blokowy całego systemu.

Robot ma cztery ramiona, które chirurg może dowolnie przemieszczać. Na końcach tych ramion znajdują się elementy



Rys. 11. Podstawowe elementy robota ZEUS: konsola chirurga (po lewej) oraz ramiona robota (po prawej)

(Źródło: <https://mlodytechnik.pl/technika/28780-dr-robot-poczatki-medycznej-robotyki> dostęp: luty 2020)



Rys. 12. Schemat budowy robota chirurgicznego (Źródło: opracowanie własne)

robocze, które przez małe otwory (8 mm średnicy) wprowadzane są do wnętrza ciała pacjenta (najczęściej do miednicy małej, jamy brzusznej lub klatki piersiowej). Układ tych ramion odpowiednio sterowany przez operatora może pracować „za trzech”: chirurga prowadzącego, chirurga asystującego i asystenta kierującego torem wizyjnym (endoskopem). Endoskop jest bardzo ważnym składnikiem wyposażenia robota, bo dzięki niemu chirurg może widzieć pole operacyjne. Obraz przekazywany do oczu chirurga jest stereoskopowy (końcówka ramienia endoskopowego zwiera dwie kamery, przekazujące obraz odpowiednio dla lewego i prawego oka lekarza). Obraz może być powiększany (do 30 razy). Oczywiście końcówka ramienia endoskopowego zwiera także elementy oświetlające – zwykłą lampę i zielony laser dla wykrywania naczyń krwionośnych).

Dwa dalsze ramiona są przeznaczone do manipulacji narzędziami chirurgicznymi. To przy ich pomocy lekarz wykonuje we wnętrzu ciała pacjenta wszystkie zabiegi. Narzędzie chirurgiczne zamocowane na końcu takiego ramienia naśladuje ruchy ręki chirurga siedzącego przy konsoli, dzięki czemu robot robi wyłącznie to, czego żąda lekarz. Na pierwszy rzut oka jest duże podobieństwo pomiędzy wykonywaniem operacji za pomocą opisywanego robota chirurgicznego a przeprowadzaniem analogicznych zabiegów przy użyciu szerzej znanych technik endoskopowych czy laparoskopowych. Różnice są jednak istotne.

Pierwsza z nich polega na sposobie przenoszenia ruchów ręki chirurga na ruch narzędzi, za pomocą których przeprowadzana jest operacja. W endoskopach stosowane są przeniesienia mechaniczne, powodujące, że ruch narzędzia jest wprawdzie wykonywany w innym miejscu (wewnątrz ciała pacjenta), podczas gdy chirurg trzyma odpowiednie elementy sterujące na drugim końcu tego narzędzia roboczego (znajdującym się na zewnątrz ciała), ale ruch jest przenoszony na narzędzie w sposób bezpośredni i jest w istocie identyczny z ruchem ręki.

Tymczasem w robocie chirurgicznym ruch końcówek roboczych jest sterowany elektronicznie, za pośrednictwem komputera. Lekarz, poruszając elementami sterującymi na konsoli, niczego tym sposobem nie napędza, tylko informuje komputer, jaki ruch powinien zostać wykonany. Silniki elektryczne usytuowane w ramionach robota, sterowane przez komputer (a nie dłonie chirurga), wymuszają odpowiedni ruch narzędzi chirurgicznych.

Ma to wiele zalet. Po pierwsze, komputer może eliminować niekorzystne składniki ruchu (na przykład drżenie rąk chirurga), które nie przeniosą się na narzędzie przeprowadzające zabieg wewnątrz ciała pacjenta. Po drugie, eliminowane są przypadkowe gwałtowne ruchy chirurga, które mogłyby doprowadzić do urazów wewnątrz ciała. Po trzecie wreszcie – i to jest chyba najważniejsze – komputer może przeskalowywać duże (swobodne) ruchy rąk lekarza na bardzo małe i precyzyjne ruchy końcówek roboczych. W ten sposób można bardzo wygodnie i bez długotrwałego treningu wykonywać zabiegi, które przy ich ręcznym wykonywaniu wymagałyby ogromnej zręczności, precyzji i maksymalnego, męczącego skupienia.

Mówiąc o różnicy między operacją wykonywaną przy pomocy robota i operacją wykonywaną przy użyciu endoskopu czy laparoskopu, trzeba wziąć pod uwagę stopień ruchliwości roboczej końcówki, na której zamocowane jest narzędzie chirurgiczne.

Typowy endoskop jest prosty, a końcówka robota może zginać się nawet pod kątem 90°, nie przerywając pracy. Typowy endoskop ma tylko trzy stopnie swobody, podczas gdy robocze ramię robota da Vinci zapewnia aż siedem stopni swobody. To bardzo dużo, zwłaszcza że tę ogromną ruchliwość trzeba uzyskać na końcu ramienia robota, którego końcowa część, wnikająca do ciała pacjenta, ma średnicę nieprzekraczającą 1 cm. Rozwiązanie, na którym oparta jest kinematyka końcówki robota da Vinci, zostało nazwane EndoWristR i jest opatentowane. Oznacza to, że nikt nie może takich końcówek dorabiać bez zgody wytwórcy robota da Vinci – a ich koszt (niektóre z nich są przeznaczone do jednorazowego użytku) bardzo znacząco podnosi koszt każdej operacji.

Opisane wyżej dwa ramiona z narzędziami chirurgicznymi są sterowane i obsługiwane odpowiednio przez prawą i lewą rękę chirurga, będąc swoistym przedłużeniem tych rąk do wnętrza ciała pacjenta. Trzecie ramię dostarcza obrazu, dzięki któremu można dokładnie śledzić przebieg operacji.

Mechaniczne czwarte ramię jest identyczne z ramionami sterowanymi ręcznie i wykonującymi właściwą operację. Na końcu tego ramienia można mocować dowolne narzędzia systemu EndoWristR, więc teoretycznie można nim robić wszystko. Najczęściej jednak na końcu dodatkowego ramienia mocowane są końcówki chwytne (por. rys. 30) i ramię to służy głównie do przytrzymywania różnych elementów we wnętrzu ciała pacjenta (na przykład narządów sąsiadujących z polem operacji albo krwawiących tętnic przeciętych w trakcie zabiegu).

Robot może posiadać więcej niż dwa ramiona, ale chirurg ma tylko dwie ręce. Dlatego sterowanie dodatkowym czwartym ramieniem robota musi odbywać się inaczej niż sterowanie podstawowymi narzędziami chirurgicznymi. Często bywa tak, że chirurg incydentalnie (w razie potrzeby) przełącza swoje sterowanie na dodatkowe ramię, ustawia je we właściwym położeniu, przytrzymuje lub zaciska odpowiednie narządy czy tkanki – i potem wraca do operacji wykonywanej przy użyciu dwóch podstawowych ramion.

Liczba robotów da Vinci na świecie i w Polsce

Roboty da Vinci są bardzo popularne: szacuje się, że we wszystkich szpitalach na świecie pracuje ich ponad 5,5 tysiąca i wykonały one w 2019 roku 1,25 mln operacji. W Polsce aż do końca 2010 roku nie było żadnego takiego urządzenia. Potem pierwsze dwa roboty pojawiły się w szpitalach we Wrocławiu (2010) i w Toruniu (2016), ale Agencja Oceny Technologii Medycznych wydała w 2014 roku negatywną opinię odnośnie stosowania robota da Vinci i praktycznie stały one przez trzy lata nieużywane, bo koszt jednego zabiegu wykonanego przy pomocy robota był szacowany na kilkadziesiąt tysięcy zł, a zabiegi te nie należały do tzw. koszyka świadczeń gwarantowanych, więc nie były finansowane przez NFOZ. Na szczęście Agencja Oceny Technologii Medycznych w 2017 roku zmieniła zdanie i zabiegi wykonywane przy pomocy robotów „ruszyły z kopyta”. W dniu 14.01.2020 roku ukazał się materiał prasowy w serwisie pulsmedycyny.pl informujący, że w 2019 roku nastąpił przełom: wykonano 900 zabiegów przy użyciu robotów da Vinci (w 2018 roku było tych zabiegów tylko 60).

Podsumowanie: argumenty entuzjastów oraz kontrowersje wokół techniki robotów chirurgicznych

Roboty chirurgiczne, opisywane tu w sposób maksymalnie pozytywny, mają też swoich przeciwników. Warto poznać argumenty obu stron, żeby uzyskać możliwość samodzielnego zajęcia stanowiska w tej sprawie.

Entuzjaści podkreślają korzyści dla pacjenta. Rzeczywiście, operacja wykonana z wykorzystaniem robota pozostawia nieporównanie mniejsze ślady (w sensie skali pozostających po operacji ran) niż taka sama operacja wykonywana klasycznie. Znane są przypadki, że po operacji wykonanej przy pomocy robota pacjent wychodził ze szpitala po jednym lub dwóch dniach pobytu, podczas gdy rekonwalescencja po analogicznym tradycyjnym zabiegu trwała tydzień albo dłużej. Pacjent przy operacji wykonanej przez robota traci znacznie mniej krwi i wymaga mniej środków przeciwbólowych.

Zwolennicy takich operacji wskazują też na korzyść dla lekarza. Pracując przy konsoli robota w wygodniejszych warunkach niż przy tradycyjnym stole operacyjnym, chirurg znacznie mniej się męczy, może więc wykonać w ciągu dnia więcej zabiegów. Ponadto wygodna pozycja lekarza podczas operacji skutkuje również mniejszym narażeniem go na choroby zawodowe, takie jak chociażby urazy kręgosłupa.

Ważnym, chociaż rzadko podnoszonym, argumentem przemawiającym za stosowaniem robota chirurgicznego jest swiste przesunięcie przez tę maszynę wymagań w stosunku do chirurga. W pracy chirurga ważna jest wiedza i doświadczenie, ale także zręczność rąk i fizyczna wytrzymałość. Biegący czas przynosi zwykle wzrost wiedzy i doświadczenia u starszych lekarzy, przy równoczesnym pogorszeniu się zręczności i fizycznej wytrzymałości. W rezultacie najlepsi chirurdzy u szczytu swych profesjonalnych kwalifikacji muszą zrezygnować z wykonywania swego zawodu na przykład z powodu drżenia rąk. Robot eliminuje wszelkie niedogodności związane z pogarszającą się sprawnością manualną, likwiduje efekt drżących rąk, pozwala wykonywać bardzo precyzyjne czynności na polu operacyjnym przez osobę mającą już mniej zręczne dłonie, uwalnia od dyskomfortu i trudu stania przy stole – słowem – gwarantuje możliwość pełnego wykorzystania wiedzy starszych chirurgów.

Robot chirurgiczny ma jednak także wady. Pierwszym argumentem, który podnoszą przeciwnicy omawianej tu techniki, są jej wysokie koszty. Wszystkie ceny ustawicznie się zmieniają, więc gdy ten tekst będzie czytany, odpowiednie liczby mogą wyglądać inaczej. Jednak w momencie pisania koszt robota da Vinci wynosił 1,5 miliona dolarów, a koszt wykonania jednej operacji przekraczał 1,5 tysiąca dolarów. Dla polskich szpitali te ceny są po prostu zaporowe, więc korzystna i mająca wiele zalet (z wielu punktów widzenia) technika robotów chirurgicznych – ma z pewnością tę wadę, że jest po prostu niedostępna ze względów ekonomicznych.

Drugą wadą robotów chirurgicznych jest trudność opanowania sztuki ich sprawnej obsługi. Na pozór wszystko jest proste, intuicyjne, wygodne i naturalne. W rzeczywistości, żeby osiągnąć biegłość w posługiwaniu się robotem da Vinci, trzeba na nim przeprowadzić od tuzina do dwudziestu operacji. Tak podają lekarze, którzy już osiągnęli mistrzowski poziom sprawności w chirurgii robotycznej. A to oznacza długi i uciążliwy

proces szkolenia, zniechęcający dla niektórych potencjalnych użytkowników tej techniki.

Trzecią wadą jest długi czas trwania samej operacji. Gdyby kogoś nieuprzedzonego zapytać, czy operację przy pomocy robota wykonuje się szybciej niż tradycyjną, „ręczną” – to większość pytanym zapewne odpowie, że tak, bo przecież roboty w przemyśle przyspieszają produkcję, usprawniają ją, czynią bardziej ekonomiczną...

W medycynie jest inaczej. Stwierdzono, że nawet bardzo biegły w obsłudze robota chirurg potrzebował na ogół od 50 do 100% czasu więcej na to, żeby operację przeprowadzić przy pomocy robota – a to oznacza jeszcze ciaśniejsze harmonogramy obłożenia sal operacyjnych, dłuższe utrzymywanie pacjenta w stanie anestezji oraz wyższy koszt osobowy przeprowadzanej robotycznie operacji.

Jak wspomniano w tytule tego podrozdziału – technika robotów chirurgicznych budzi kontrowersje. Jedni mówią, że jest droższa, inni twierdzą, że prowadzi do znacznych oszczędności. Zwolennicy tej techniki wskazują, że społeczeństwo oszczędza w przypadku wprowadzeniu robotów chirurgicznych dzięki takim czynnikom, jak skrócony czas pobytu chorego w szpitalu, minimalna utrata krwi, mniejsza liczba powikłań septycznych, zakażeń, szybszy powrót do pracy, a więc krótsze okresy zwolnień lekarskich i okresowych rent itp. Robot medyczny jest opłacalny, jeśli liczy się nie tylko koszty samej procedury medycznej, ale także oszczędności wynikające ze skróconego okresu rekonwalescencji, wyleczenia chorego i jego powrotu do pracy.

Ale kto tak liczy?

Literatura

- [1] ANVARI M.: *Remote telepresence surgery. The Canadian experience*. „Surg. Endosc.”, 4(21)/2007.
- [2] KWON Y.S., HOU J., JONCKHEERE E.A., HAYALL S.: *A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic brain surgery*. IEEE Trans. Biomed. Engng, February, 35(2)/1988.
- [3] MARESCAUX J., LEROY J., RUBINO F., ET AL.: *Transcontinental robot-assisted remote telesurgery: feasibility and potential applications*. „Ann Surg.”, 235(4)/2002.
- [4] PODSEDKOWSKI L.: *Roboty medyczne – budowa i zastosowanie*. WNT, Warszawa 2010.
- [5] PRANSKY J.: *ROBODOC – surgical robot success story*. „Industrial Robot”, 3(24)/1997.
- [6] SUZUKI N., HATTORI A., IEITI S., KONISHI K., MAEDA T., FUJONO Y., UEDA Y., NAVICHARERN P., TANOUÉ K., HASHIZUME M.: *Tele-Control of an Endoscopic Surgical Robot System between Japan and Thailand for Tele-NOTES*. Medicine Meets Virtual Reality 17, J.D. WESTWOOD ET AL. (Eds.) IOS Press, 2009.
- [7] SZALENIEC J., TADEUSIEWICZ R.: *Robotic surgery in otolaryngology*, Chapter (No. 9) in book: ROTERMAN-KONIECZNA I. (ED.): *Simulations in Medicine. Computer-aided diagnostics and therapy*, De Gruyter, Berlin 2020.