

Uniwersalność technologii informacyjno-komunikacyjnych. Telemedycyna

Wstęp

Czasy kiedy podstawowym narzędziem pracy lekarza był stetoskop, minęły już bezpowrotnie. W rękach współczesnych lekarzy pozostają dziś do dyspozycji środki i metody diagnostyczne, które kilkadziesiąt, a nawet jeszcze kilkanaście lat temu mogły być uważane za wytwór fantazji. Na przestrzeni wieków, ale również ostatnich lat zmieniły się również wzajemne relacje pomiędzy pacjentem a lekarzem. Owa zmiana dotyczy w głównej mierze dostępu do usług medycznych. Niegdyś jednym pacjentem zajmowało się nawet kilku lekarzy, obecna sytuacja – to jeden lekarz i bardzo wielu pacjentów. Sytuację tę potęgują współczesne uwarunkowania ekonomiczne i demograficzne oraz tryb życia i pracy ludzi, który z pewnością nie sprzyja zdrowiu.

1. TIK a medycyna

Koniecznością i wyzwaniem dla współczesnej medycyny staje się zatem dalsze rozszerzanie usług medycznych, ponieważ w coraz większym stopniu społeczeństwa dotyczą: choroby cywilizacyjne, coraz więcej ludzi ma mobilny charakter pracy, społeczeństwa europejskie, w tym także społeczeństwo Polski starzeje się, a z drugiej strony przybywa ludności świata¹. Wszystkie te czynniki przemawiają za koniecznością zintensyfikowania opieki medycznej, która winna być dostępna o każdej porze dnia i nocy oraz bez względu na lokalizację pacjenta. Obecnie jest to możliwe – po pierwsze, dzięki postępowi w dziedzinie medycyny, która z powodzeniem potrafi monitorować wszystkie funkcje życiowe pacjenta, a po drugie, dzięki postępowi, jaki się nieustannie dokonuje w technologiach informacyjno-komunikacyjnych. Idee świadczenia usług medycznych drogą elektroniczną stają się priorytetowymi działaniami w wielu państwach, w tym także w Polsce. Program *Kierunki informatyzacji „e-Zdrowie Polska” na lata 2011–2015* jest dokumentem powstałym na bazie: *Strategii Rozwoju Społeczeństwa*

¹ Według ONZ, w październiku 2011 roku liczba ludności świata przekroczyła 7 mld, około 2050 roku będzie już 11 mld ludzi, a pod koniec XXI wieku liczba ta wzrośnie do 15 mld.

Informacyjnego w Polsce do roku 2013, Europa 2020 – Strategii na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu oraz Europejskiej Agendy Cyfrowej. Program precyzuje działania najważniejszych organów państwa w zakresie informatyzacji ochrony zdrowia. W przywołanym dokumencie czytamy: „Według dostępnych źródeł do roku 2020 intensywnie rozwijane technologie inteligentnego otoczenia zapewnią możliwości bezprzewodowej komunikacji z systemami wspomagającymi zdrowie i niezależność życia osób niepełnosprawnych, a także podejmowanie decyzji przez lekarzy na podstawie danych pochodzących ze stałego monitoringu. Do rozwiązań tych zaliczono m.in. biosensory, które mogą zostać wbudowane w »inteligentne ubrania« oraz oprogramowanie wspomagające praktyków w procesie podejmowania najlepszych możliwych decyzji przy zachowaniu bezpieczeństwa pacjenta. Rosnące znaczenie posiadać będą sieci współpracy naukowej w zakresie bioinformatyki, genomiki oraz neuroinformatyki w celu stworzenia nowej generacji systemów e-Zdrowia, wspomagających indywidualizację diagnozy oraz leczenia” [Kierunki informatyzacji... 2009].

2. Telemedycyna

Z powyższego wynika, że tylko zintegrowane systemy są w stanie sprostać rosnącym wymaganiom i nowym wyzwaniom. Wspomniana integracja urzeczywistniła się w nowej dziedzinie wiedzy i działalności, tj. telemedycynie. Literatura przedmiotu podaje wiele różnych definicji telemedycyny. Przytoczmy jedną reprezentatywną: „telemedycyna według ATA (ang. *American Telemedicine Association*) określa, że jest to wykorzystanie informacji medycznej, która podlega wymianie między odległymi miejscami przy wykorzystaniu komunikacji elektronicznej w celu świadczenia pacjentowi usługi medycznej, medycznej edukacji pacjenta lub dla innego lekarza w celu poprawienia jakości usługi medycznej. W odniesieniu do definicji telemedycyny jej realizacja wiąże się nierozłącznie z faktem, że po jednej stronie łącza musi stać lekarz, zaś po drugiej może być pacjent, student, lekarz, ośrodek diagnostyczny itd. Każde rozwiązanie nie spełniające tego warunku można zaklasyfikować do działań w zakresie e-zdrowia (ang. *e-Health*) i wcale nie jest to działanie gorsze, czy też mniej wartościowe, a jedynie inne” [Glinkowski 2005]. Tytułem komentarza dodajmy, że ów podstawowy warunek świadczenia usługi medycznej drogą elektroniczną może zostać spełniony tylko w takim przypadku, w którym wszelka informacja medyczna (historia pacjenta), ale także bieżące wyniki analiz będą miały postać cyfrową. Nowoczesna diagnostyka medyczna spełnia już ten warunek. Od wielu lat z powodzeniem funkcjonują cyfrowe metody obrazowania w medycynie. Dla przykładu przytoczmy: badania histopatologiczne, które wykonywane są przy pomocy specjalistycznych skanerów. Uzyskane skany preparatów komputer przetwarza, oceniając każdy piksel obrazu, dzięki czemu na podstawie budowy komórki, ich barwy,

proporcji, układu możliwe jest rozróżnienie komórek zdrowych od chorych². Innymi powszechnie stosowanymi metodami obrazowania są: rentgenografia, tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny, pozytonowa emisyjna tomografia, ultrasonografia itp. Problem z osiągnięciem wysokiej efektywności w świadczeniu usług medycznych drogą elektroniczną wynika przede wszystkim z braku dostępu do danych chorobowych pacjenta, ponieważ nie wszyscy pacjenci i ich historie chorób są scyfryzowane. Kolejnym niebagatelnym problemem może okazać się brak właściwego przygotowania informatycznego personelu medycznego, głównie lekarzy oraz brak wyposażenia lekarzy w indywidualne środki informatyczne, np. PDA (ang. *Personal Digital Assistant*) z dostępem do medycznych baz danych za pośrednictwem sieci teleinformatycznych.

3. Z historii telemedycyny

Wbrew pozorom telemedycyna ma bogatą historię sięgającą lat 50. ubiegłego wieku. Bezsprzecznie za prekursora tej dziedziny wiedzy i działalności medycznej należy uznać Stany Zjednoczone. Właśnie tam w roku 1948 miało miejsce przesłanie pierwszego zdjęcia rentgenowskiego na odległość z wykorzystaniem linii telefonicznej. Kolejne ślady również prowadzą do USA w roku 1959, bowiem odbyła się pierwsza telewizyjna transmisja telemedyczna. W 1962 r. powstało już pierwsze stałe łącze wideo w stanie Nebraska pomiędzy Uniwersytetem a Instytutem Psychiatrycznym. W tym samym roku (20 lutego) monitorowane są podstawowe funkcje życiowe odbywającego lot kosmiczny pierwszego astronauty J. Glenna. W osiem lat później odbywa się pierwsza telekonsultacja z wykorzystaniem już łącza satelitarnego pomiędzy Kanadą a Alaską. Ostatnie dwie dekady XX wieku to powstanie i rozwój globalnej sieci Internet. Zyskuje się nowe medium transmisyjne mogące służyć rozpowszechnianiu usług medycznych drogą elektroniczną. Analizując dotychczasowy dorobek telemedycyny, uświadamiamy sobie, że wpływ na jej rozwój miały i mają w dalszym ciągu przede wszystkim: astronautyka, misje wojskowe i humanitarne.

Czasy trwania współczesnych lotów kosmicznych mierzone są już nie w godzinach³, ale w dniach, miesiącach, a to oznacza konieczność samodzielnego zmierzenia się astronautów z problemami zdrowotnymi w przestrzeni kosmicznej. Wyposażenie medyczne statku kosmicznego pozwala na wykonanie i przesłanie badań do centrum telemedycznego na ziemi, skąd zwrótnie od konsultanta płyną wskazówki o sposobach postępowania w określonej sytuacji.

² Skan typowego preparatu o wymiarach 15 mm x 15 mm przy rozdzielczości 0,5µm składa się z 900 mln pikseli. Dla porównania skan zdjęcia o wymiarach 10 cm x 12,5 cm wykonany z rozdzielczością 300 dpi złożony jest z 1,8 mln pikseli. Z prostego rachunku wynika, że skan preparatu histopatologicznego jest 500 razy większy od skanu zdjęcia; zob. M. May, *Skaner zamiast mikroskopu* [w:] „Świat nauki” 2010, nr 6.

³ Lot J. Glenna trwał niecałe 5 godzin.

W działaniach wojskowych w czasie pokoju i wojny telemedycyna przynosi oczywiste korzyści. Każdy nietypowy przypadek chorobowy można skonsultować na odległość z dowolnie wybranym specjalistą⁴. Podobne korzyści przynosi świadczenie usług medycznych drogą elektroniczną w przypadku misji humanitarnych, a trzeba pamiętać o tym, że niejednokrotnie jest to jedyna możliwość udzielenia pomocy miejscowej ludności (rys. 1). Nie można zapomnieć o takich miejscach na ziemi jak wyspy czy bardzo słabo zaludnione obszary, gdzie do potrzebujących pomocy medycznej pacjentów nie można dotrzeć w wystarczająco szybki sposób przy użyciu typowych środków transportu. Zauważmy także pewną grupę pacjentów, których stan zdrowia wymaga ciągłego nadzoru medycznego. Owa konieczność stałego monitorowania stanu zdrowia nie jest równoznaczna z koniecznością hospitalizowania. Wystarczy, by pacjenta wyposażyć w odpowiednią interaktywną aparaturę kontrolno-pomiarową, a ta będzie przysyłała wyniki pomiarów do centrum telemedycznego. W razie wystąpienia jakichkolwiek nieprawidłowości związanych ze stanem zdrowia pacjenta automatycznie zostaną powiadomione i wysłane na miejsce odpowiednie służby.



Rys. 1. Pomoc telemedyczna w ramach misji humanitarnej

Źródło: <http://www.ammakolkata.org/blog/featured/386/bihar-flood-relief-work-2008>

4. Działy telemedycyny

Współczesna telemedycyna rozwija wiele specjalistycznych gałęzi, wśród których do najważniejszych są zaliczane:

- „**teleedukacja** (niemal każda z akademii medycznych w tej chwili stara się realizować takie zadania). Przykładami mogą być witryny www poświęcone anatomii prawidłowej i klinicznej Akademii Medycznej w Warszawie. Dzięki internetowym rozwiązaniom dydaktycznym od samego początku edukacji student medycyny ma dostęp do tej formy telemedycyny; jest to

⁴Nad polskim kontyngentem wojskowym w Iraku opiekę telemedyczną sprawuje Wojskowy Instytut Medyczny w Warszawie [źródło: http://www.wim.mil.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=228&Itemid=500]

też forma doskonalenia zawodowego dla czynnych zawodowo lekarzy [dopisek A.P.]⁵;

- **telediagnostyka** (łącza diagnostyczne z wykorzystaniem przekazu danych obrazowych i nieobrazowych);
- **telekonsultacje**, również z wideokonferencjami; **wideokonsylium** lub telekonsylium, chociaż pojęcie konsylium jest dość rzadkie w praktyce lekarskiej;
- **teleobecność** (*telepresence*) w chirurgii – skromniejsza siostra rzeczywistej telechirurgii. W świecie realizowane są liczne projekty teleobecności w chirurgii (*telepresence surgery*), czyli chirurgii z nadzorem telemedycznym;
- **telechirurgia z telerobotyką medyczną** – najdoskonalsza pod względem technicznym forma możliwości wspomagania leczenia w zakresie telemedycyny. Łączy w sobie zalety i możliwości robotyki, rzeczywistości wirtualnej oraz telemedycyny” [Glinkowski 2005].

Każdy z wymienionych powyżej obszarów zainteresowań niesie ze sobą wymierne korzyści: dla przyszłych lekarzy – teleedukacja, czynnych zawodowo lekarzy – telediagnostyka, telekonsultacje, wideokonsylium, a przede wszystkim dla pacjentów. Ci ostatni bowiem zyskują:

- poczucie bezpieczeństwa,
- możliwość nieprzerwanego monitoringu (opieki) stanu zdrowia w ciągu doby,
- możliwość szybkiej diagnozy medycznej w nagłych wypadkach,
- zdalny dostęp do własnej historii choroby i wyników badań, z każdego miejsca i o każdej porze, dla pacjenta i lekarza,
- możliwość wymiany informacji medycznej pomiędzy różnymi specjalistycznymi ośrodkami medycznymi,
- ograniczenie konieczności przemieszczania się pacjenta z jednego ośrodka medycznego do innego,
- możliwość zdalnego udzielenia instruktażu pacjentowi.

Trzy pierwsze obszary zainteresowań są na ogół znane, bo wykorzystywane od kilku lat w edukacji czy biznesie. Obszerniejszego komentarza wymaga teleobecność i telechirurgia z telerobotyką medyczną.

5. Teleobecność, telechirurgia

Zdaniem R. Tadeusiewicza: „postęp w robotyzacji systemów telemedycznych jest obecnie tak zaawansowany, że stwarza realne perspektywy urzeczywistnienia ideału tak zwanej »teleobecności«, to znaczy takiego użycia kombinacji zdalnych sensorów i zdalnych manipulatorów, które gwarantuje uzyskanie

⁵ Dwie operacje leczenia wad słuchu wykonane w Klinice Otolaryngologii Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu pokazane zostały lekarzom na całym świecie w czwartek 24 maja 2012 r. w ramach międzynarodowych naukowo-szkoleniowych transmisji internetowych. Transmisje te mają służyć pomocą lekarzom, zwłaszcza w krajach rozwijających się, takich jak Indie, Chiny czy Pakistan, gdzie takie pokazy organizowane są w kinach. W ub. r. transmisje obejrzało 50 tys. zarejestrowanych lekarzy [źródło: <http://www.rynekzdrowia.pl/Nauka/Poznan-dwie-operacje-transmitowane-w-internecie,120004,9.html>]

(w ograniczonym zakresie) możliwości działania podobnych do tych, jakie się ma realnie uczestnicząc w określonych wydarzeniach zachodzących w istocie w jakimś odległym miejscu” [Tadeusiewicz 2004]. Uzupełnijmy tę wypowiedź słowami W. Ducha: „teleobecność i wirtualna rzeczywistość to nie tylko komunikacja, lecz również kontrolowanie lub sterowanie odległymi procesami i aktywne zdobywanie danych. Przy końcu 1995 roku doniesiono o pierwszych operacjach prowadzonych na odległość przy pomocy wirtualnej rzeczywistości: chirurg z Holandii sterował robotem dokonującym operacji w szpitalu w Bruge, w Belgii” [Duch 1994]. Na tle tego przykładu bardzo wyraźnie zarysowuje się interdyscyplinarność współczesnej telemedycyny. Z jednej strony to nadzwyczaj skomplikowane i ultraprecyzyjne roboty chirurgiczne, które bez wsparcia informatyki nie miałyby szans funkcjonować w obecnej formie, z drugiej strony to nowoczesne technologie informacyjno-komunikacyjne pozwalające na zdalne sterowanie robotem. Przy tym trzeba wyraźnie zaznaczyć, że specyfika telemedycyny wymaga szczególnej dbałości o bezpieczeństwo nie tylko samych baz danych pacjentów, ale nade wszystko musi zapewnić bezpieczeństwo transmisji wszelkiego rodzaju danych, w tym zapewnić bezpieczeństwo sterowania robotem. Najpewniej w tym obszarze najszybciej będzie się rozwijała informatyka, by sprostać wciąż rosnącym wymagom.

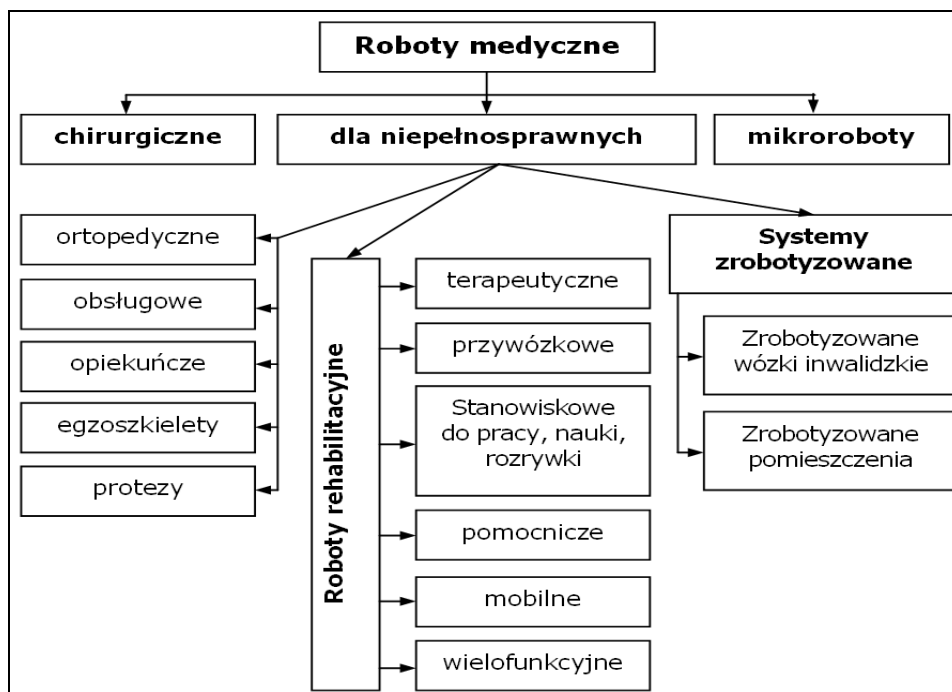


Rys. 2. Wizjer 3D wraz z intuicyjnym manipulatorem robota chirurgicznego da Vinci

Źródło: <http://waziwazi.com/files/davinci.jpg>

Niezwykle interesującym obszarem telemedycyny jest telechirurgia, której podstawą są roboty chirurgiczne. Jeszcze nie tak dawno roboty i robotykę w rozumieniu dziedziny wiedzy inżynierskiej kojarzono wyłącznie z halami przemysłowymi, gdzie zastępowały człowieka w uciążliwych i jednostajnych czynnościach. Rozwój przede wszystkim mikroelektroniki pozwolił na projektowanie i konstruowanie urządzeń wnoszących nową jakość w wielu dziedzi-

nach. Postęp ten widoczny jest również w medycynie i obejmuje swym zakresem szerokie spektrum zastosowań, a te najlepiej znane to chociażby metody obrazowania medycznego i chirurgia. Robot chirurgiczny należy bez wątpienia do konstrukcji najbardziej zaawansowanych technologicznie. Integruje doświadczenia i dorobek naukowy wielu dyscyplin. Wymieńmy tylko te najważniejsze: mechanika, automatyka, robotyka, elektrotechnika, elektronika, informatyka. To jednak nie wszystko, ponieważ „Umiejętności chirurga są unikatowym połączeniem bogatej wiedzy teoretycznej (anatomia, patomorfologia itd.) z wypracowanymi przez lata pracy kwalifikacjami manualnymi. Te ostatnie są nie mniej ważne niż te pierwsze, dlatego manipulatory do zdalnego sterowania robotem chirurgicznym są tak budowane, żeby sposób ich trzymania i ruchy ręki chirurga w maksymalnym stopniu odpowiadały sytuacji rzeczywistej operacji” [Tadeusiewicz 2004] – rys. 2. Jeśli dodać do tego możliwość podłączenia robota do sieci teleinformatycznych, za pośrednictwem której jest możliwe zdalne sterowanie robotem, otrzymuje się system o niespotykanych dotąd możliwościach. Bez względu na to z jakiej perspektywy analizujemy ten wytwór nauki i techniki, podporządkowane jest ono jednemu celowi – dobru pacjenta.



Rys. 3. Klasyfikacja robotów medycznych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: E. Mikołajewska, D. Mikołajewski, *Roboty rehabilitacyjne*, „Rehabilitacja w praktyce” 2010, nr 4.

Najnowocześniejsza technika medyczna wkracza nie tylko do sal operacyjnych i zabiegowych, ale zaczyna odgrywać coraz większe znaczenie w rehabilitacji osób niepełnosprawnych. Szeroką gamę robotów medycznych prezentuje systematyka na rys. 3. Główną przyczyną, dla której wdraża się tego rodzaju roboty, jest fakt, że „pewna część zabiegów w rehabilitacji polega, w wielkim uproszczeniu, na wielokrotnym, długotrwałym, żmudnym powtarzaniu pojedynczych ruchów lub ich sekwencji, przy zachowaniu stosownych wymuszeń lub oporu. Takie działanie stanowi dość proste zadanie dla robota” [Mikołajewska, Mikołajewski 2010].

Trzeba zauważyć, że roboty przeznaczone dla osób niepełnosprawnych z takim samym powodzeniem mogą spełniać swoją rolę w wyspecjalizowanych ośrodkach rehabilitacyjnych, szpitalach i w domu pacjenta. W integracji z sieciami teleinformatycznymi stają się ważnym ogniwem telemedycyny. Nie bez znaczenia jest również, że „do samoobsługi robota rehabilitacyjnego mogą być przyuczane osoby niepełnosprawne fizycznie i umysłowo. W związku z tym dąży się do rozwiązania problemu sprzężenia naturalnego (*human interface*) między robotem a pacjentem” [Didorf 2004].

Jak zauważają E. i D. Mikołajewscy [2010]: „ważnymi czynnikami stymulującymi rozwój robotyki rehabilitacyjnej są:

- potwierdzenie jej efektywności w praktyce klinicznej;
- przekonanie do prezentowanych rozwiązań personelu medycznego oraz pacjentów (kwestia potrzeby kontaktu pacjenta z terapeutą i zastąpienia jednej z ww. stron przez urządzenie);
- wzrost liczby osób niepełnosprawnych, ciężko chorych oraz w podeszłym wieku;
- ograniczony czas trwania i intensywność rehabilitacji oraz opieki długoterminowej;
- wszechstronność i duża rezerwa niewykorzystanych jeszcze możliwości;
- edukacja oraz przestrzeganie zasad bezpieczeństwa wykorzystania robotów;
- relacja koszt/jakość”.

Podsumowanie

W rozwoju cywilizacyjnym nie ma zbyt wielu wynalazków, które mogłyby poszczycić się taką uniwersalnością jak technologie informacyjno-komunikacyjne. Zdominowały one wszelkie działania człowieka we wszystkich obszarach jego funkcjonowania. Gwałtowny rozwój nauki i techniki stwarza wciąż nowe możliwości dla rozwoju TIK. Nowe rozwiązania techniczne i technologiczne generują nowe problemy naukowe i nowe potrzeby. Prawdopodobnie w najbliższych latach technologie informatyczne oraz technologie informacyjno-komunikacyjne będą najdynamiczniej rozwijanymi dyscyplinami. Bez wątpienia rozwój ten przełoży się na nowe wdrożenia także w obszarze telemedycyny, dla której informatyka ma przecież podstawowe znaczenie.

Literatura

- Didorf R. (2004), *Rozwój i zastosowanie manipulatorów i robotów rehabilitacyjnych*, „Pomiary – Automatyka – Robotyka”, nr 11.
- Duch W. (1994), *Rewolucja informatyczna w medycynie*, Toruń (Kujawsko-Pomorska Biblioteka Cyfrowa); <http://kpbc.umk.pl/dlibra>
- Glinkowski W. (2005), *Wprowadzenie do telemedycyny*, „Medycyna – dydaktyka – wychowanie”, nr 6, Warszawa.
- Kierunki informatyzacji „e-Zdrowie Polska” na lata 2011–2015* (2009), CSIOZ, Warszawa.
- Mikołajewska E., Mikołajewski D. (2010), *Roboty rehabilitacyjne*, „Rehabilitacja w praktyce”, nr 4.
- Tadeusiewicz R. (2004), *Telemedycyna – nowe wyzwanie współczesnej nauki*, „Nauka”, nr 3.
http://www.wim.mil.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=228&Itemid=500
<http://www.ammakolkata.org/blog/featured/386/bihar-flood-relief-work-2008>
<http://www.rynekzdrowia.pl/Nauka/Poznan-dwie-operacje-transmitowane-w-internecie,120004,9.html>

Streszczenie

Artykuł został poświęcony zagadnieniom związanym z zastosowaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych w dynamicznie rozwijającej się dziedzinie wiedzy, jaką jest telemedycyna. Uniwersalność TIK sprawia, że funkcjonujące niegdyś autonomicznie obszary działalności człowieka integrują się w nowe jakościowo systemy o nieprawdopodobnych możliwościach.

Słowa kluczowe: telemedycyna, telechirurgia, roboty rehabilitacyjne.

The Universality of Information and Communication Technology. Telemedicine

Abstract

This article is devoted to problems which are connected to use information and communication technology in dynamically developing knowledge which is telemedicine. The universality of information and communication technology makes functioning autonomously once areas of people activities are integrated into new quality systems with incredible potential.

Key words: telemedicine, telesurgery, rehabilitation robots.