

RYSZARD TADEUSIEWICZ

## Telemedycyna – nowe wyzwanie współczesnej nauki

### 1. Wprowadzenie

Rozwój cywilizacji przebiega w sposób spiralny. Raz napędzają go rewolucyjne odkrycia naukowe, innym razem funkcję głównych elementów napędowych tego rozwoju przyjmują potrzeby praktyki. Zawsze jednak, ilekroć w historii rozwoju cywilizacji potrzeby praktyki wymusiły podejmowanie pewnych działań technicznych, zanim jeszcze stworzone zostały przesłanki do ich naukowej analizy i optymalizacji – następował potem szczególnie gwałtowny rozwój nauki, która w ten sposób „nadrabiała dystans”, osiągając przy tym sukcesy i cele, które wcześniej były wprost niewyobrażalne. Dla zilustrowania tej tezy można by było podać bardzo wiele przykładów: powstanie termodynamiki „wymuszone” przez konstrukcję maszyny parowej i innych silników cieplnych, odkrycie aerodynamiki po pionierskich lotach Lilienthala i braci Wright, zapoczątkowanie chemii polimerów po wytworzeniu przez braci Hyattów celulozoidu, rozwój akustyki po wynalezieniu przez Bella telefonu itp.

Z przytoczonych wyżej faktów można wyciągnąć dwa wnioski. Jeden dotyczy rewizji dosyć rozpowszechnionego poglądu o sprawczej roli nauki (w sensie nauk podstawowych) jako czynnika napędowego postępu. Otóż bez wątplenia ogromna większość epokowych odkryć, posuwających naprzód rozwój cywilizacji, była pośrednio lub bezpośrednio wynikiem badań naukowych – jednak z pewnością nie wszystkie. Można wymienić setki przykładów odkryć i wynalazków, które wręcz zrewolucjonizowały postęp cywilizacji, a które były dziełem dociekliwych wynalazców i kreatywnie myślących inżynierów, znajdujących właściwe rozwiązania metodą prób i błędów, empirycznej optymalizacji, a czasem wręcz na zasadzie szczęśliwego przypadku, nie zaś w wyniku badań naukowych. Wątku tego nie chciałbym tu rozwijać, ale zdecydowanie twierdzę, że w sferze związku nauk podstawowych z rozwojem cywilizacji kreuje się i pielęgnuje wiele mitów.

Drugi wniosek, ważniejszy dla prezentowanej tu pracy, wskazuje na pola badawcze szczególnie obiecujące z punktu widzenia tworzenia pożytecznych innowacji lub wręcz otwierania całych nowych dziedzin nauki. Korzystamy przy tym z wielokrotnie potwier-

dzionej obserwacji, że tam, gdzie pod naciskiem potrzeb praktyki powstaje wiele nowych rozwiązań praktycznych (nie tylko zresztą technicznych), można spodziewać się wyjątkowo wielu nowych odkryć naukowych. Jest to naturalne i logiczne. Znane elementy rzeczywistości są przedmiotem zainteresowania nauki od wielu lat, w związku z tym większość ich aspektów doczekała się naukowych analiz we wszystkich możliwych przekrojach i kontekstach. Natomiast tam, gdzie niecierpliwi praktycy kreują nową rzeczywistość, pojawia się bardzo wiele zupełnie nowych obiektów, zjawisk i procesów, z reguły nie „obudowanych” w chwili powstania stosowną refleksją metodologiczną i teoretyczną. Dla każdego ambitnego badacza jest to prawdziwa „Ziemia Obiecana”; kuszący dziewiczy ląd, czekający na swojego Kolumba.

Niniejsza praca poświęcona jest wskazaniu, że dziedziną, która aktualnie bardzo silnie rozwija się w obszarze szeroko rozumianej empirii przy bardzo ubogim udziale ogólnych (to znaczny nie ukierunkowanych na doraźne cele praktyczne) badań naukowych – jest telemedycyna [Shar03].

## **2. Telemedycyna jako źródło inspirujących problemów naukowych w wielu dyscyplinach badawczych**

Telemedycyna rozumiana jako zbiór określonych systemów technicznych dla potrzeb zdalnego świadczenia usług medycznych jeszcze niedawno traktowana była jako awangardowa nowość czy nawet cywilizacyjna ciekawostka. Obecnie jednak tak się rozpowszechniła i rozwinęła [Clou03], że staje się techniką dominującą w inżynierii biomedycznej, dzięki swemu potencjałowi w dużej mierze determinującą kierunki rozwoju tej dziedziny. Co więcej, można przypuszczać, że ten trend wzrastającej roli telemedycyny będzie się nasilać i umacniać, gdyż pilne potrzeby społeczne i ekonomiczne (scharakteryzowane nieco dalej) zdecydowanie już teraz wymuszają jej stały i intensywny rozwój [Eyse03]. Co więcej, wspomniane przyczyny będą się z czasem nasilać i pogłębiać, stąd można przewidywać, że cały splot okoliczności natury technicznej, medycznej, społecznej i ekonomicznej wymusza i będzie nadal wymuszać postęp w tej dziedzinie. Można też przypuszczać, że trend ten nieprędko napotka na bariery związane z nasyceniem swoiście rozumianego rynku usług telemedycznych, więc zainteresowanie tą tematyką może na długo stanowić napęd rozwoju wielu dziedzin nauki.

Warto przy tym podkreślić, że zagadnienia telemedycyny cechuje wyjątkowo szeroki zakres problemowy, mieszczą się w nich bowiem zarówno proste systemy informacyjnego poradnictwa dla pacjentów (patrz na przykład [Cole03]), jak i bardzo skomplikowane systemy, na przykład związane z telechirurgią [Kawa04]. Można mówić o systemach telemedycznych obejmujących kilka sąsiadujących gabinetów jednego szpitala albo można tworzyć wizje systemów obejmujących cały kraj, cały kontynent, a nawet cały glob. Zgodnie z uwagami, od których rozpoczęliśmy ten artykuł, można więc sądzić,

że w samej telemedycynie oraz w jej bezpośrednim otoczeniu (na które składają się zarówno komponenty techniczne, jak i medyczne, a także organizacyjne i społeczne) pojawiać się będzie niebawem mnóstwo zagadnień i problemów, stanowiących prawdziwe wyzwanie dla współczesnej nauki. Scharakteryzujemy wstępnie to „naukowe eldorado”.

Można z dużą dozą prawdopodobieństwa przypuszczać, że dzięki potrzebom generowanym przez telemedycynę znaczący postęp zanotują w pierwszej kolejności wybrane nauki techniczne (w szczególności telekomunikacja, informatyka, inżynieria biomedyczna, automatyka i teoria systemów) [Curr03]. Można przewidywać, że jako następne eksploatować ten teren będą nauki medyczne, które dostrzegą (miejmy nadzieję, że nastąpi to prędzej, a nie później!), iż telemedycyna nie tylko dostarcza nowych możliwości realizowania środkami techniki tradycyjnych zadań w obszarze diagnostyki, terapii i profilaktyki, ale dodatkowo indukuje zupełnie nowe możliwości realizowania zadań i procedur medycznych, które jeszcze niedawno były po prostu niemożliwe wręcz do pomyslenia. Dobrze stosowana i ambitnie traktowana telemedycyna może dostarczyć medycynie naukowej znacznie większej liczby wyzwań i nowych problemów badawczych, niż oferuje gotowych i rutynowych rozwiązań. Jest to wielką szansą dla całej tej dziedziny! Warto także dodać, chociaż to zagadnienie nie będzie w tej pracy podejmowane ani dyskutowane, że obszar telemedycyny może się okazać bardzo obiecujący także dla takich działów nauki, jak dyscypliny społeczne, ekonomiczne, a nawet pedagogiczne i prawne, gdyż tak bardzo rozległa jest skala i różnorodność zagadnień, jakie trzeba będzie rozwiązać, żeby usługi telemedyczne mogły się we właściwy sposób upowszechnić.

W tym opracowaniu skupimy jednak uwagę głównie na zagadnieniach technicznych, gdyż to odpowiada kompetencjom autora pracy. Otóż z technicznego punktu widzenia nie ulega wątpliwości, że dla prawdziwego rozwoju i upowszechnienia telemedycyny konieczne będzie udoskonalenie istniejących oraz stworzenie nowych elementów infrastruktury informatycznej. Mimo ogromnego rozwoju tej dziedziny, związanego z tryumfalnym wkroczeniem Internetu do różnych dziedzin życia zawodowego i prywatnego ogromnej rzeszy ludzi – dla realizacji rozważanych w tej pracy celów i problemów konieczne będzie stworzenie zupełnie nowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych, dostosowanych do specyficznych zadań telemedycyny. Niezbędne będzie przy tym oczywiście ściśle współdziałanie techników z przedstawicielami nauk medycznych, dla których jednak również interesującą nowością naukową powinno być uzyskanie doświadczeń i naukowe rozwinięcie metod stosowania technik telemedycznych w diagnostyce, terapii oraz opiece nad chorymi. Z badań medycznych wynikać będą nowe zadania dla techniki, jednak nie ulega wątpliwości, że to właśnie rozwój techniki wyznaczy ostateczne możliwości i ograniczenia rozważanej tu dyscypliny. Postęp i rozwój telemedycyny

nie odbywa się w sposób abstrakcyjny, lecz wnika głęboko w struktury społeczne, a także ma swoje uwarunkowania i konsekwencje ekonomiczne, musi mu więc towarzyszyć naukowa refleksja także w tych dziedzinach. W szczególności warto odnotować, że konieczne będzie tu wypracowanie rozwiązań systemowych, pozwalających oprzeć telemedycynę na rozwiązaniach modelowych, które pozwolą tak długo iterować różne koncepcje i struktury, aż wreszcie badacze dojdą do rozwiązań realizowalnych technicznie, optymalnych medycznie, a jednocześnie akceptowalnych społecznie oraz opartych na zdrowych podstawach ekonomicznych.

Każdy z wymienionych wyżej tematów generować będzie ogromne ilości naukowych problemów i cywilizacyjnych wyzwań, których rozwiązanie możliwe będzie wyłącznie poprzez odpowiednio ukierunkowane badania naukowe. Do wszystkich tych nadchodzących wyzwań i potrzeb trzeba się dobrze przygotować, dlatego taki przeglądowy artykuł, jak niniejsza prezentowana tu praca, może być przydatny jako zachęta do podjęcia stosownych badań, a także może służyć jako wprowadzenie do tematu dla tych wszystkich, którzy nie zdążyli się jeszcze tym zagadnieniem zainteresować.

### **3. Definicja i czynniki stymulujące rozwój telemedycyny**

Chcąc inspirować badania naukowe, które mogą i powinny poszerzyć i wzbogacić możliwości telemedycyny, powinniśmy najpierw skrótowo przedstawić jej genezę i stan obecny. W szczególności spróbujemy tu pokazać, dlaczego dziedzina ta tak mocno rozwinęła się w sferze praktyki mimo bardzo słabo rozwiniętych podstaw naukowych. Otóż powstanie i rozwój telemedycyny wynikają głównie z przesłanek społecznoekonomicznych [Ippo03]. Już kilka lat temu stwierdzono, że tylko przy pomocy rozwiązań wywodzących się z najnowocześniejszej techniki możliwe będzie zaspokojenie stale rosnących potrzeb, jakie pod adresem służb medycznych generują starzejące się populacje większości rozwiniętych krajów świata. Ta okoliczność jest w dalszych rozważaniach na tyle ważna, że poświęcimy jej tu kilka słów dodatkowego komentarza.

Dane demograficzne nie pozostawiają cienia wątpliwości, że ludzkość się starzeje [Ohta02]. Coraz większy odsetek społeczeństw – szczególnie w bogatych krajach świata – stanowią ludzie w wieku poprodukcyjnym, już nie partycypujący w wytwarzaniu różnych dóbr materialnych, ale za to zgłaszający liczne potrzeby pod adresem służby zdrowia, między innymi z powodu podeszłego wieku, a także z powodu samotności, wywołanej erozją i atomizacją tradycyjnych związków rodzinnych. Ponieważ wśród malejącej liczby osób w wieku produkcyjnym jedynie niewielka część chce i może poświęcić się opiece nad ludźmi chorymi, starymi i samotnymi – pojawia się w tym obszarze duża i stale rosnąca dysproporcja potrzeb i możliwości ich zaspokajania. W tej sytuacji kluczowe znaczenie ma znalezienie takich rozwiązań organizacyjnych oraz stworzenie takiego wyposażenia technicznego, które pozwoli niewielkiej liczbie osób, zaliczających

się do wysoko wykwalifikowanego personelu medycznego, sprawować skuteczną opiekę nad dużą liczbą ludzi. Do stałej kontroli stanu zdrowia nie jest bowiem konieczny osobisty kontakt starszej osoby z lekarzem i może to być z powodzeniem realizowane z pomocą stosownej aparatury – pod warunkiem, że aparatura taka będzie nieskomplikowana w obsłudze i nie będzie kosztowna dla użytkownika.

Takie rozwiązanie może być idealne dla wszystkich tych starych, samotnych i zwykle schorowanych ludzi, którzy z racji wieku i stanu zdrowia wymagają stałego nadzoru, ale których nie można wszystkich umieścić w szpitalach ani domach opieki, gdyż przeciwwskazaniem jest tu zarówno koszt, jak i komfort psychiczny pacjenta.

Oczywiście możliwości telemedycyny, w ogólnym przypadku pokrywające obszar zarówno diagnostyki, jak i terapii, są tu ograniczone wyłącznie do funkcji kontrolnych, gdyż każdorazowo w momencie stwierdzenia pogorszenia stanu zdrowia lub pojawienia się nowej choroby osobisty kontakt z lekarzem lub pielęgniarką jest nieunikniony, ale może on być zainicjowany automatycznie przez system komputerowy analizujący wyniki codziennych pomiarów podstawowych parametrów życiowych nadzorowanego pacjenta.

Aparatura telemedyczna powinna również znaleźć zastosowanie w opiece nad osobami przewlekle chorymi, których stan zdrowia należy nadzorować, ale których zatrzymywanie na szpitalnej obserwacji jest zbyt kosztowne i niepotrzebne. Może to dotyczyć zwłaszcza coraz częściej występujących przypadków chorych z wykrytą chorobą niedokrwienną serca albo wręcz rekonwalescentów po przebytych zawałach serca, których stan można kontrolować na odległość, w czasie gdy pacjent przebywa w domu pod opieką rodziny, co jest tańsze i wygodniejsze niż hospitalizacja.

System tego typu niezawodnie wykryje każdy stan zagrożenia i skontaktuje pacjenta z lekarzem lub nawet automatycznie wezwie pogotowie, gdy tylko monitorowany organ zacznie wykazywać nieprawidłowości swego działania. Podobnie jak w przypadku opieki nad ludźmi starymi telemedyczny nadzór nad przewlekle chorym ogranicza się wyłącznie do funkcji kontrolnej, gdyż wykrycie poważniejszego zaburzenia pracy serca (lub innego nadzorowanego narządu – na przykład problemów z ciążą wysokiego ryzyka) wymaga z reguły natychmiastowej interwencji specjalisty oraz intensywnego leczenia, więc pacjent powinien się jak najszybciej znaleźć w szpitalu – ale dzieje się to wyłącznie w przypadku stwierdzonej obiektywnie konieczności, a nie „na wszelki wypadek”.

Również proces powrotu do zdrowia chorych podlegających długiej i złożonej rehabilitacji może być nadzorowany za pomocą systemów telemedycznych, które przy wykorzystaniu internetowego instruktażu i nieskomplikowanej aparatury, obsługiwanej przez samego pacjenta, mogą kontrolować przebieg i postępy procesu rehabilitacji, kontaktując pacjenta z konsultantem jedynie w przypadkach autentycznie koniecznych.

Przykłady wykorzystania telemedycyny można by było mnożyć bez końca, dla nas jednak ważny jest fakt wykazany empirycznie, że nawet w krajach dysponujących bardzo

wydajną i sprawną służbą zdrowia zastosowanie procedur telemedycznych może znacząco przyspieszyć czas obsługi pacjentów [Bald03], powodując, że te same zasoby (w sensie liczby lekarzy, pielęgniarek i sprzętu) mogą obsłużyć znacznie większą liczbę osób wymagających pomocy. W kraju o służbie zdrowia strukturalnie niewydolnej ze względów ekonomicznych, jakim niestety jest obecnie Polska – rozwiązania telemedyczne mogą być optymalne.

Telemedycyna jest obecnie coraz ważniejsza i coraz bardziej potrzebna także i z tego powodu, że współczesne społeczeństwa składają się z jednostek bardzo ruchliwych. Mówi się wręcz często o ludziach spędzających coraz więcej czasu w podróży i wykonujących w ruchu większość swojej pracy jako o „nomadach XXI wieku”, w związku z czym także preferowany model korzystania z usług medycznych oraz tryb świadczenia ich zmierza ku rosnącej mobilności [Tach03], z wykorzystaniem nowych technik łączności, zwłaszcza bezprzewodowej [Aziz03].

Dodatkowym czynnikiem napędowym dla rozwoju telemedycyny może być presja, jaką w tym zakresie wywierają użytkownicy sieci komputerowych (tak zwani internauci). W pracy [Qure03] pokazano, że znaczna część pytań formułowanych przez użytkowników sieci w różnych serwisach informacyjnych dotyczy właśnie zagadnień pośrednio lub bezpośrednio związanych z medycyną. W szczególności bardzo często użytkownicy sieci próbują uzyskać za jej pomocą wiadomości związane z problemami uchodzącymi za wstydlive – na przykład dermatologicznymi. Z badań wynika, że właśnie tego typu kwestie są głównym przedmiotem zainteresowania aktywnych telemedycznie internautów, co potwierdzają dane statystyczne przywołane w cytowanej wyżej pracy [Qure03]. Z wielu obserwacji zachowań sieciowych można wyciągnąć wniosek, że ludzie ze swoimi problemami medycznymi znacznie chętniej zwracają się do anonimowego i niewidocznego lekarza znajdującego się gdzieś w Internecie, niż do lekarza, z którym trzeba stanąć oko w oko. Ten trend może się nasilać i rozszerzać także na inne choroby, gdyż media kreujące kult młodości, piękna, zdrowia i sukcesu, prowadzą nieuchronnie do tego, że problemy zdrowotne stają się coraz częściej sprawą wstydliwą, zaś wstyd i skrępowanie jest znacznie łatwiej przezwyciężyć przy klawiaturze komputera, niż w sytuacji wymagającej osobistej wizyty w gabinecie lekarskim.

#### **4. Aspekty ekonomiczne telemedycyny**

Teoretycznie mówi się często, że zdrowie nie powinno być rozpatrywane w kontekście pieniędzy, jest ono bowiem wartością nadrzędną i bezcenną. Praktyka – jaka jest (zwłaszcza w Polsce) – to każdy widzi i lepiej tego tutaj nie komentować. W warunkach dramatycznego niedoboru środków na opiekę medyczną i gwałtownie rosnących potrzeb nie może być ignorowany fakt, że z ekonomicznego punktu widzenia jest znacznie korzystniejsze, jeśli sprawny nadzór nad określoną populacją potencjalnych

pacjentów może zapewnić mniejsza liczba większych ośrodków (szpitali, przychodni, poradni itp.), a nie duża liczba ośrodków małych [Shar03]. Telemedycyna jest jednym ze sposobów zapewnienia mało kłopotliwej, bo zdalnej opieki medycznej nad licznymi rzeszami ludzi rozproszonymi na terenie całego kraju, sprawowanej przez nieliczne tylko, ale za to bardzo dobre szpitale i przychodnie. Takie rozwiązanie coraz częściej wybierają ubogie kraje Trzeciego Świata [Naka03], gdyż jest ono zdecydowanie tańsze od wszystkich alternatywnych rozwiązań. Oczywiście po to, żeby to rozwiązanie miało sens, te centra opieki telemedycznej muszą być naprawdę bardzo dobrze wyposażone i powinny zatrudniać najlepsze kadry. Warto o to zabiegać, bo takie rozwiązanie ma też liczne zalety z merytorycznego (medycznego) punktu widzenia [Wils03].

Kwestii ekonomicznych związanych z telemedycyną nie można jednak traktować nadmiernie rutynowo i szablono. Bardzo pouczająca jest w tym zakresie praca [Tsu03], pokazująca, jak kształtują się koszty telemedycyny w czterech różnych rejonach Japonii oraz jakie korzyści można uzyskać przy użyciu tej nowej technologii. Okazuje się, że takie same usługi telemedyczne mogą być albo wyraźnie tańsze, albo porównywalne cenowo lub nawet nieco droższe od usług świadczonych metodą tradycyjną, przy czym silnie zależy to od stanu infrastruktury technicznej, od gęstości występowania typowych placówek medycznych (szpitali i przychodni), od struktury demograficznej, a nawet od obyczajowości.

Generalnie jednak można przyjąć, że usługi telemedyczne są znacznie mniej kosztowne niż analogiczne usługi świadczone w modelu tradycyjnym, nie można jednak zapominać o tym, że dla skutecznego wdrożenia technik i metod telemedycyny konieczne jest wcześniejsze zbudowanie kosztownej infrastruktury, która w USA, Japonii lub w krajach skandynawskich jest już dostępna, ale w wielu innych krajach dopiero musi być specjalnie tworzona. Jednak nawet w tym ostatnim przypadku dla zapewnienia właściwej opieki medycznej dla mieszkańców trudno dostępnych rejonów (na przykład obszarów górskich, wysp [Scuf02], rejonów o małej gęstości zaludnienia itp.) – telemedycyna jest rozwiązaniem najbardziej racjonalnym także z ekonomicznego punktu widzenia.

Oczywistym warunkiem, który musi być spełniony przy „migracji” usług medycznych od modelu tradycyjnego ku rozwiązaniom telemedycznym, jest wymaganie, by w nowym systemie obsługi jakość usług medycznych świadczonych dla pacjentów była nie gorsza, niż jakość tychże usług w modelu tradycyjnym. Warunek ten może być spełniony wyłącznie wtedy, gdy zoptymalizowane placówki medyczne będą mogły oprzeć swoje działanie na odpowiedniej infrastrukturze technicznej, zwłaszcza teleinformatycznej (o czym już była wyżej mowa), jednak równie ważną kwestią jest także opracowanie nowych metod i nowych procedur medycznych dostosowanych do nowej sytuacji – co powinno stać się jednym z ważniejszych wyzwań dla nauk medycznych.

## 5. Zadania telemedycyny i wynikające z nich problemy badawcze

### 5.1. Problemy w zakresie aparatury kontrolnej

Jak już wspomniano wyżej, opieka nad ludźmi starymi, samotnymi, często obłożnie chorymi, to tradycyjnie jeden głównych obszarów zastosowań telemedycyny [Ohta02]. Dobrze zastosowana technika telemedyczna może przywrócić ludziom starym nie tylko poczucie bezpieczeństwa, ale także może przywrócić im swobodę, której na skutek swego wieku i związanych z tym dolegliwości bywają pozbawieni [Cole02]. Jest to generalnie obszar, w którym już obecnie można osiągnąć bardzo wiele, ale konieczne są dalsze badania i kolejne nowe odkrycia. Szczególnie po uruchomieniu badań w zakresie metrologii mamy prawo oczekiwać tu także zupełnie nowych sukcesów, zwłaszcza po zastosowaniu nowych rozwiązań w zakresie czujników i analizatorów przystosowanych do zdalnego nadzoru podstawowych funkcji życiowych poddawanego zdalnej opiece pacjenta. Nowoczesne, bezprzewodowe i zminiaturyzowane [Puja03] rozwiązania, jakie w tym zakresie stały się ostatnio dostępne, pozwalają na zbieranie wszystkich niezbędnych informacji przy minimalnym dyskomforcie ze strony poddawanego telebadaniu (lub teleobserwacji) pacjenta.

Na pozór problemy badawcze, jakie rodzi telemedycyna, są podobne do tych, jakie wiążą się z wykorzystaniem metrologii w automatyce przemysłowej lub w teledetekcji używanej w różnych tradycyjnych celach, na przykład dla potrzeb ochrony budynków. W rzeczywistości jednak zastosowania telemedyczne rodzą wiele nowych problemów, które trzeba rozwiązywać z myślą o specyfice tego właśnie zastosowania. W szczególności dąży się do tego, żeby instalacja stosownych czujników była dla pacjenta jak najmniej obciążająca (i żeby nie wymagała żadnej specjalistycznej wiedzy), dlatego duże nadzieje wiąże się z czujnikami, które mogą być umieszczone bezpośrednio w ubraniu. Przy takim rozwiązaniu osoba korzystająca z nich może po prostu zakładać je i zdejmować podczas codziennego ubierania [Puja03]. Wymaga to jednak rozwiązania wielu zagadnień szczegółowych, na przykład zagwarantowania właściwego kontaktu między czujnikiem a ciałem pacjenta, o co w innych zastosowaniach telediagnostyki (na przykład w astronautyce) dba wyspecjalizowany personel, a co w domu starego, samotnego człowieka „musi zrobić się samo”. Nowoczesne rozwiązania czujników i przetworników pomiarowych pozwalają na zbudowanie takich czujników na przykład dla ciśnienia krwi, tętna i innych parametrów hemodynamicznych, przy czym ich konstrukcja z góry zakłada, że osoba, której procesy życiowe są monitorowane, będzie ruchliwa i aktywna, a proces medycznego nadzoru nie powinien tej aktywności w żaden sposób ograniczać [Ala103].

Interaktywne zdalne połączenie terapeuty z pacjentem, mającym dostęp do wyposażenia umożliwiającego kontrolę jego aktywności ruchowej, może prowadzić do tego, że kosztowny i kłopotliwy proces rehabilitacji ruchowej, wymagany po urazach, po zabie-



gach operacyjnych, a także w przypadku konieczności przezwycięzania skutków zmian degeneracyjnych zachodzących w narządach ruchu – może być w wielu przypadkach prowadzony w sposób zdalny, bez konieczności kosztownego i kłopotliwego przewożenia pacjenta do rehabilitanta czy też jeszcze kosztowniejszych wizyt rehabilitanta w domu pacjenta [Ells02]. Nadzór fachowego rehabilitanta oraz samokontrola osoby wykonującej ćwiczenia rehabilitacyjne mogą być skuteczniejsze, jeśli skorzysta się z możliwości, jakie w tym zakresie stwarza technika tak zwanej rzeczywistości wirtualnej [Deut03]. Są już dostępne urządzenia, które pozwalają rejestrować i przesyłać na odległość ruchy pacjenta, siły rozwijane przez jego mięśnie, szybkości i przyspieszenia, jakim w trakcie wykonywania ćwiczeń ruchowych podlegają poszczególne części kończyny i poszczególne stawy. W aktualnych elektromechanicznych wykonaniach urządzenia te są jednak kosztowne i niewygodne. Rozwiązaniem może być jednak rozwój komputerowych systemów wizyjnych, które pozwolą w przyszłości precyzyjnie śledzić ruchy pacjenta, nie narzucając na niego konieczności kontaktu z uciążliwą i niewygodną aparaturą. Odpowiedni zestaw urządzeń śledzących ruchy pacjenta (jedna lub kilka kamer, odpowiednio rozstawionych), wraz z systemami cyfrowej interaktywnej grafiki komputerowej [Pope02] mogą łącznie stworzyć warunki do tego, żeby pacjent mógł być wspomagany w trakcie wykonywania ćwiczeń rehabilitacyjnych przynajmniej nie gorzej (a zwykle znacznie lepiej) w porównaniu z wizytą u doświadczonego fizykoterapeuty. Warunkiem jest tu jednak stworzenie odpowiedniego wirtualnego środowiska dla procesu rehabilitacji [Piro02], co wymaga spełnienia szeregu warunków. Jednym z nich jest odpowiedni rozwój ukierunkowanej na te zagadnienia aparatury, a to wymaga wielu nowych badań naukowych.

Na szczęście niektóre typy urządzeń przydatnych dla potrzeb telerehabilitacji ruchowej zostały już wcześniej opracowane technicznie i znacznie udoskonalone w kontekście innych zastosowań teleinformatyki. Na przykład: dla potrzeb przemysłowego telesterowania, a także w kontekście wielkiego i stale rosnącego rynku gier komputerowych opracowano szereg konstrukcji pozwalających bardzo precyzyjnie śledzić (i często naśladować za pomocą stosownych elementów antropomorficznych robotów) ruchy ręki człowieka. Skonstruowana w tym celu aparatura może obecnie znaleźć zastosowanie w zdalnej kontroli i automatycznej korekcji ruchów wykonywanych przez pacjenta wymagającego ćwiczeń rehabilitacyjnych w zakresie motoryki ręki.

## **5. 2. Problemy wymagające badań w zakresie automatyki i robotyki**

Pozostając w kręgu zagadnień związanych z potrzebami ludzi starych albo upośledzonych ruchowo, warto odnotować, że jeszcze większe nadzieje wiążą się z budową zdalnie sterowanych robotów przystosowanych do ich obsługi, których zastosowanie w domach pacjentów [LiuM02] może nadać telemedycynie zupełnie nowe impulsy do skutecznego rozwoju. Postęp w robotyzacji systemów telemedycznych jest obecnie tak

zaawansowany, że stwarza realne perspektywy urzeczywistnienia ideału tak zwanej „teleobecności” [Vilc03], to znaczy takiego użycia kombinacji zdalnych sensorów i zdalnych manipulatorów, które gwarantuje uzyskanie (w ograniczonym zakresie) możliwości działania podobnych do tych, jakie się ma, realnie uczestnicząc w określonych wydarzeniach zachodzących w istocie w jakimś odległym miejscu.

Robotyzacja telemedycyny ma także swoje duże znaczenie w rozwoju telechirurgii [SunX03]. Coraz doskonalsze konstrukcje robotów chirurgicznych pozwalają obecnie wykonywać wiele zabiegów pewniej i precyzyjniej, niż lancet trzymany w ręce tradycyjnego chirurga. Jednak oczywiście przy każdym zabiegu wykonywanym za pomocą techniki telemedycznej asystuje cała ekipa wykwalifikowanych chirurgów gotowych przejąć operację, gdyby z jakichkolwiek powodów zawiódł robot albo systemy telesterowania.

Przy realizacji zadań w zakresie telechirurgii bardzo ważne są oczywiście środki łączności, o których będzie mowa w kolejnym podrozdziale, ale w obszarze automatyki i robotyki mieści się – poza samym robotem wykonującym operację – także zestaw manipulatorów, którymi posługuje się chirurg dokonujący wszystkich niezbędnych czynności w sposób zdalny [Merr03].

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 [Merr03].

Problemem badawczym, który wymaga rozwiązania w tym zakresie, jest jednak uzyskanie maksymalnie naturalnego sprzężenia zwrotnego typu siłowego, to znaczy doprowadzenie do tego, żeby opór, jaki stawia manipulator ręce chirurga odpowiadał mierzonemu na bieżąco oporowi mechanicznemu tkanek przecinanych przez robotyzowany skalpel. W ten sposób chirurg będzie na odległość wyczuwał twardość przecinanych tkanek, co może być ważnym elementem wpływającym na jego sposób działania. Problem rozwiązania technicznego tak zwanego sprzężenia haptycznego [Flem03] (będącego namiastką percepcji dotykowej) jest jednak wciąż kwestią naukowo otwartą i wartą badania. Kwestia ta nabiera szczególnej aktualności, gdyż nowoczesne roboty telechirurgiczne [SunX03] stają się na tyle często dostępne, że można wręcz mówić o pewnej „modzie” na wykonywanie operacji w sposób zdalny. Liczba doniesień na ten temat jest już dzisiaj bardzo duża oraz – co ważniejsze – szybko rośnie [Butn03]. Jednak postęp w tej dziedzinie jest w sposób krytyczny zależny od rozwoju odpowiednich metod automatyki i robotyki, co indukuje potrzebę nowych prac badawczych w wymienionych dziedzinach.

### 5. 3. Problemy w zakresie telekomunikacji

W samej nazwie rozważanej tu dziedziny wiedzy (i związanej z nią techniki), jaką jest telemedycyna, odnaleźć można ślad wagi i znaczenia telekomunikacji. Bez odpowiedniego rozwoju narzędzi, środków oraz metod łączności przewodowej i bezprzewodowej żaden postęp w dziedzinie telemedycyny nie byłby możliwy. Jednak także i w tym zakresie można zauważyć, że istniejące środki tylko częściowo zaspokajają specyficzne potrzeby generowane przez specyfikę zastosowań telemedycznych, więc konieczne są dalsze badania naukowe i nowe, wynikające z nich odkrycia.

Naturalnym obszarem działań telemedycyny są telekonsultacje medyczne. Dzięki rozwojowi nowoczesnych technik telekonferencyjnych, w tym zwłaszcza technik umożliwiających interaktywny kontakt wizyjny [Gras02] komunikujących się osób, wirtualne spotkanie lekarzy znajdujących się nawet w bardzo odległych miejscach stało się dziś całkowicie możliwe. Fakt ten powoduje, że zdalna konsultacja medyczna, do niedawna bardzo czasochłonna (jeśli stosowano metody korespondencyjne) albo bardzo ograniczona (gdy wykorzystywano telefon) – stała się obecnie sprawnym i efektywnym narzędziem wspomagającym pracę medyków – zwłaszcza w przypadku lekarzy pracujących w szpitalach lub przychodniach położonych daleko od renomowanych uniwersyteckich klinik. Dzięki coraz większej dostępności kosztownych niegdyś technik telekonferencyjnych, które niebawem pojawią się w wielu domach, możliwe stanie się uzyskiwanie porady lekarza na przykład dla chorego dziecka, bez straty czasu, kosztów i wysiłku związanego z zawożeniem dziecka do lekarza lub z zapraszaniem lekarza do domu.

Urządzenia i systemy telekonferencyjne nie są (pozornie!) żadną naukową nowością, gdyż stosuje się je od lat dla potrzeb biznesu, w teleedukacji, a także dla prywatnego komunikowania się ludzi pomiędzy sobą. Byłoby jednak dużym uproszczeniem twierdzenie, że technika telemedyczna jest wyłącznie stosowaniem wcześniej wypracowanych technologii dla potrzeb medycznych. Użytkownicy telemedycyny muszą czasem dysponować udoskonalonym narzędziem komunikacyjnym, dzięki któremu lekarze i pomocniczy personel medyczny mogą się sprawniej porozumiewać, wykonując swoje zadania. Użycie specjalnego wziernika, za pomocą którego matka może pokazać konsultującemu pediatrze stan migdałków gorączkującego dziecka to jeden z wielu przykładów tego, jak z pomocą prostych i łatwo dostępnych urządzeń (w tym przypadku jest to kamera internetowa z dodatkowym oświetlaczem i układem optycznym ułatwiającym zajrzenie do gardła) można znacząco wzbogacić zakres informacji, jakie mogą być przekazane podczas telemedycznej telekonferencji [Riva 02].

Jeszcze bogatsze możliwości pojawiają się, gdy lekarze mają do dyspozycji – obok tradycyjnego tekstu i dźwięku oraz udogodnienia związanego ze zdalnym przesyłaniem obrazów i sekwencji wideo – także możliwość korzystania z przekazu specjalistycznych

sygnałów biomedycznych. Była już w tym artykule mowa o możliwościach zdalnego monitorowania sygnału EKG [Saxe03], zdalnego pomiaru ciepłoty ciała pacjenta albo ciśnienia krwi, a nawet zdalnego pomiaru zawartości cukru w krwi diabetyków [Gome02]. Jednak możliwości telemedycyny na tym się nie kończą, gdyż za pomocą w miarę prostych urządzeń i dwukierunkowej komunikacji łączącej telediagnostykę z telemechaniką możliwe jest na przykład zdalne nadzorowanie procesów hemodializy wykonywanej w domu u pacjenta [Skia02] albo kontrolowanie na odległość wszczepionych rozruszników serca bez konieczności przewożenia pacjenta do szpitala, co – zwłaszcza w przypadku ludzi starszych i schorowanych – ma spore znaczenie praktyczne.

Telekonsultacja telemedyczna nie ogranicza się wyłącznie do zdalnego kontaktu lekarza z pacjentem. Na wielu udanych przykładach potwierdzono już praktycznie, że metodą zdalnej konsultacji można wspomagać działania terapeutyczne lekarzy nie będących specjalistami w określonej dziedzinie, uzyskując wyniki nie gorsze od tych, jakie mógłby osiągnąć obecny bezpośrednio przy pacjencie wysoko kwalifikowany ekspert. W prostszych przypadkach lub w warunkach zagrożenia życia można próbować podejmować działania terapeutyczne wspomagane technikami telemedycznymi przy wykorzystaniu średniego personelu medycznego (pielęgniarek środowiskowych, pracowników pogotowia ratunkowego) lub czasem nawet samego pacjenta oraz członków jego rodziny. Ludzie ci, postępując zgodnie z udzielanymi zdalnie konsultacjami specjalisty, mogą dokonać określonych zabiegów skutecznie ratujących zdrowie i życie w sytuacji, gdy pomoc w pełni fachowa jest z różnych względów nieosiągalna. Znaczący postęp w tym zakresie mogą przynieść aktualnie prowadzone prace naukowe i konstrukcyjne, których celem jest między innymi rozwój urządzeń prezentujących w formie graficznej dane przekazywane przez telekonsultanta na specjalnej masce pełniącej rolę przezroczystego ekranu albo nawet bezpośrednio na siatkówce oka konsultowanego lekarza czy pielęgniarza, który w rezultacie widzi obraz będący połączeniem rzeczywistego widoku pacjenta, którym się zajmuje, oraz rysunków, schematów albo fotografii podsuwanych przez konsultanta.

Skonstruowano aparaturę idącą jeszcze dalej, mianowicie taką, za pomocą której możliwe jest zdalne prowadzenie trudnych (a czasami nawet niebezpiecznych!) badań endoskopowych pod kontrolą specjalisty znajdującego się w innym miejscu, często w szpitalu klinicznym położonym w odległym mieście. Oczywiście przy pacjencie poddawany badaniu musi być wtedy lekarz, ale **nie** musi on posiadać unikatowych kwalifikacji w zakresie endoskopii, ponieważ zarówno ruch samego endoskopu, penetrującego wnętrze ciała pacjenta, jak i interpretacja obrazu uzyskiwanego za jego pomocą jest zadaniem działającego na odległość specjalisty [Masu02].

Warto zwrócić uwagę na ogromny wzrost możliwości mobilnych systemów technicznych wykorzystywanych w rozważanych tu sytuacjach, zwłaszcza w kontekście

medycyny katastrof i ratownictwa. Na miejsce wypadku często jako pierwszy dociera ambulans, w którym czasem wcale nie ma lekarza (tylko sami ratownicy – na przykład strażacy), a czasem jest tam lekarz, który jednak może zetknąć się z problemami medycznymi znacznie wykraczającymi poza zakres jego zawodowych kompetencji. W tej sytuacji „uzbrojenie” ambulansu w wyposażenie telemedyczne oraz w środki szerokopasmowej telekomunikacji mobilnej może bardzo znacząco przyczynić się do zwiększenia skuteczności pomocy niesionej przez ratowników lub pogotowie. Postęp w tej dziedzinie mierzony jest obecnie przejściem od modelu prostej interakcji z konsultantem za pomocą telefonu czy krótkofalówki do dostępnego współcześnie modelu ratownictwa telemedycznego, w którym konsultant ma możliwość uzyskania kompletu danych dotyczących pacjenta (wraz z elementami zaawansowanych zobrazowań medycznych), a do udzielania ratownikom instruktażu można użyć różnych narzędzi aż do elementów wirtualnej rzeczywistości włącznie [Riva02]. Ten ostatni wątek jest obecnie silnie rozwijany (patrz np. [Deut03]) i można oczekiwać, że w tym zakresie czeka nas w niedługim czasie sporo bardzo wartościowych nowości.

Każdy z wymienionych wyżej obszarów rozwoju telemedycyny uzależniony jest jednak silnie od tego, na ile skutecznie uda się rozwinąć nowe techniki i stworzyć nowe metody telekomunikacyjne, ukierunkowane na potrzeby telemedycyny. Specyfika tego obszaru zastosowań telekomunikacji wynika z różnorodności przesyłanych informacji (teksty, sygnał mowy, obrazy ruchome i nieruchome, sygnały elektrodiagnostyczne) a także z konieczności zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa (dane medyczne należą do kategorii informacji, których poufność musi być szczególnie pieczołowicie zachowana [WheD03]). Problemy te stwarzają w telekomunikacji całkowicie nową sytuację, którą można będzie zagospodarować wyłącznie wtedy, gdy podjęte zostaną stosowne badania naukowe.

#### **5. 4. Problemy informatyczne związane z telemedycyną**

Nieodłącznym elementem telemedycyny są komputery. To one sterują przepływem danych telemedycznych, są najczęstszym źródłem, odbiornikiem i miejscem prezentacji tych danych. Nic dziwnego, że postęp telemedycyny jest nieodłącznie związany z postępowaniem i rozwojem badań naukowych na gruncie informatyki. Dla ewentualnych nowych rozwiązań naukowych i technicznych wypracowanych przez informatykę istnieje tu niezwykle rozległe pole zastosowań. Szczególne znaczenie mają tu techniki informatycznej analizy obrazów, ponieważ do tradycji telemedycyny należą już rozmaite telekonsultacje lekarskie, szczególnie związane z nowymi metodami diagnostyki obrazowej [Jone03].

Techniki teleradiologii [John02] można w tym zakresie uznać obecnie za tak dalece rutynowe, że w wielu krajach zaleca się tę technikę jako główne narzędzie technicznego

wspomagania lekarzy pierwszego kontaktu, stosowane w każdym przypadku, gdy zetkną się oni z zagadnieniem medycznym, które wyraźnie przekracza zakres ich kompetencji [Salv02]. Potrzeb i związanych z tym wyzwań naukowych jest jednak znacznie więcej. Techniki telemedyczne można stosować zarówno w klasycznej radiologii (rentgenowskiej), jak i w radiologii nuklearnej [Tual03]. Obecnie pokonywane są dalsze trudności, związane z przekazywaniem i zdalną analizą różnych innych zobrazowań medycznych tak morfologicznych, jak i spektrograficznych oraz czynnościowych.

Również inne badania oparte na analizie obrazów mogą zostać znacząco ułatwione i usprawnione przez wykorzystanie technik telemedycznych. Dostyc powszechnie korzysta się obecnie z możliwości, jakie daje połączenie techniki obrazowania cyfrowego oraz zdalnego przesyłania obrazów za pomocą Internetu (i innych sieci komputerowych) w zagadnieniach patologii [Gard03]. Jest to ogromna wygoda, a także wielka szansa dla wielu lekarzy, którzy sami nie zawsze potrafią poprawnie zinterpretować uzyskane preparaty histologiczne. Jest to także ważne dla pacjentów, których badania histopatologiczne mogą być dzisiaj na bieżąco konsultowane z najlepszymi specjalistami, nawet znajdującymi się w innych krajach. Postęp w tej dziedzinie jest tak duży, że jakość obrazu badanej tkanki, jaką ogląda ekspert za pomocą Internetu, w niczym nie ustępuje jakości obrazu uzyskiwanego na miejscu, gdzie stoi mikroskop z analizowanym preparatem. Doszło do tego, że obecnie patologowi wręcz wygodniej jest oglądać analizowany preparat badanej tkanki za pomocą komputera, gdyż może on korzystać całkowicie bez pomocy mikroskopu z różnych udogodnień cyfrowego przetwarzania obrazu (zmiany powiększenia, przemieszczania punktu widzenia, kontrastowania wybranych struktur itp.), co czyni proces oceny preparatu wygodniejszym, a w ślad za tym skuteczniejszym [Cost03].

Problem zdalnej diagnostyki obrazowej ma swój wymiar telekomunikacyjny (zapewnienie wystarczającego pasma [LiuR01]), ale jego centrum mieści się wyraźnie po stronie informatycznej. Wystarczy przywołać ogólnie znany fakt, że przy użyciu samych tylko technik telekomunikacyjnych przesłanie zdjęcia rentgenowskiego lub obrazu pochodzącego z tomografii komputerowej przy rozdzielczościach oczekiwanych przez lekarzy i procedury diagnostyczne wymaga blisko pół godziny, podczas gdy ten sam obraz po podaniu informatycznej kompresji może być przesłany w czasie niespełna 15 sekund. Warto dodać, że telemedyczne zastosowania transmisji danych multimedialnych generują szereg specyficznych wymagań, które indukują potrzebę ukierunkowanych na ten cel badań naukowych, poszerzających tradycyjną wiedzę i klasyczne instrumentarium, wykorzystywane w odmiennych obszarach zastosowań multimediiów. Wystarczy wspomnieć, że odmiennie od zastosowań w e-biznesie czy w telenauczaniu – w telemedycynie utrata jakości przekazywanego obrazu może mieć wręcz dramatyczne konsekwencje, wpływając negatywnie na trafność diagnozy zdalnego konsultanta, zatem sto-

sowanie szeroko znanych technik stratnej kompresji obrazów podlega tu specyficznym dla tej dziedziny ograniczeniom i restrykcjom [Monr03]. Biorąc pod uwagę ogromny rozwój diagnostyki obrazowej, jaki dokonał się w medycynie w ciągu ostatnich lat, można oczekiwać, że liczba badań naukowych, jakie będą się wiązały z tym obszarem problemowym w kontekście telemedycyny – będzie stale i dynamicznie rosła.

### 5. 5. Naukowe problemy medyczne związane z telemedycyną

Autor niniejszego opracowania jako przedstawiciel nauk technicznych koncentruje uwagę głównie na problemach naukowych, jakie telemedycyna stawia właśnie naukom technicznym. Opracowanie to byłoby jednak wysoce niepełne, gdyby nie wzmiankowano w nim także o sferze badań naukowych, jakie telemedycyna otwiera w dziedzinie nauk biologicznych i medycznych. Zaczniemy od spraw najbardziej oczywistych. Dzięki technikom telemedycznym, diagnozując każdego pojedynczego pacjenta, można niejako przy okazji gromadzić dane, które są przydatne z punktu widzenia badań populacyjnych i epidemiologicznych [Urba03]. Fakt obecności wielu informacji medycznych od samego początku w postaci cyfrowej w zasobach określonej sieci teleinformatycznej może sprzyjać temu, żeby informacje te na bieżąco poddawać określonej analizie statystycznej, zaś wnioski mogą w czasie rzeczywistym zasilać reprezentantów władz regionalnych lub ogólnokrajowych, dzięki czemu znacznemu usprawnieniu ulegają procesy podejmowania decyzji operacyjnych oraz strategicznego planowania z uwzględnieniem optymalnej alokacji środków. Również badania populacyjne (nazywane często *screeningiem*) mogą być znacząco usprawnione w przypadku gdy podczas ich prowadzenia wszystkie procesy gromadzenia, przetwarzania i analizy danych wykonywane są z wykorzystaniem techniki telemedycznej [Kawa03].

Za pomocą nowoczesnych systemów teleinformatycznych można nie tylko zbierać informacje o pacjentach w celu wspomagania procesu diagnozowania ich dolegliwości, ale można także wspomagać konkretne procedury terapeutyczne. Wspomaganie to może dotyczyć sfery planowania określonych zabiegów [Koul03], na przykład wykonywanych za pomocą radioterapii, przy której – jak wiadomo – konieczne jest duże doświadczenie, żeby skutecznie skoncentrować wymaganą porcję energii wybranego typu promieniowania w obszarze zmiany nowotworowej przy minimalnym uszkodzeniu okolicznych zdrowych tkanek. Taki sposób postępowania może być skutecznie wykorzystany w przypadku wielu chorób mających charakter przewlekły, w których określone zabiegi trzeba wykonywać wielokrotnie. Przykładem w miarę prostych procedur tego typu może być opieka nad osobami cierpiącymi na cukrzycę [Gome02], ale sukcesy w tego typu postępowaniu odnotowano także w przypadku przewlekłej niewydolności nerek, wymagającej wielokrotnego wykonywania zabiegów hemodializy [Skia02], które dawniej wykonywano wyłącznie w specjalistycznych szpitalach, a obecnie coraz częściej

wykonuje się je w trybie ambulatoryjnym albo nawet w domu u pacjenta. Co ciekawe, obszarem intensywnego rozwoju telemedycyny stała się ostatnio także psychiatria. Zwłaszcza w przypadku konieczności konsultowania nagłych i ostrych problemów psychiatrycznych (z czym coraz częściej mają do czynienia służby ratownicze i pogotowie) – pomoc technik telemedycznych może się okazać wręcz nieoceniona. Zagadnienia te ciekawie omówiono w pracy [Sorv02], opierając się na doświadczeniach fińskiej służby zdrowia, stosującej od kilku lat metody telemedycznych konsultacji psychiatrycznych w dosyć szerokim zakresie. Upowszechnienie każdej z wymienionych wyżej praktyk wymaga jednak wielu badań naukowych.

Z badaniami naukowymi dotyczącymi ordynowania (a czasem nawet wykonywania) określonych zabiegów terapeutycznych z wykorzystaniem narzędzi teleinformatycznych wiąże się także skomplikowany kompleks problemów naukowych wynikających z konieczności zapewnienia gwarancji bezpieczeństwa wszystkim uczestnikom tego procesu: lekarzowi zdalnie ordynującemu terapię, lekarzowi (lub przeszkolonemu pracownikowi medycznemu niższego szczebla) aplikującemu terapię, a zwłaszcza samemu pacjentowi [Tulu03].

Obiecującym obszarem badań naukowych może być także problem zastosowań narzędzi i technik w ramach studiów medycznych i medycznego kształcenia podyplomowego. Okazuje się, że za pomocą środków i narzędzi telemedycznych studenci medycyny mogą się uczyć zbierać (pod kontrolą doświadczonych lekarzy) dane do wywiadu lekarskiego (anamnezy) [Wiec03]. Zadając pytania drogą elektroniczną, studenci są mniej skrępowani, niż w przypadku obcowania z pacjentem „oko w oko”, podobne odczucia relacjonują także sami pacjenci. Dzięki zdobyciom telemedycyny studenci wydziałów lekarskich znacznie szybciej uczą się trudnej sztuki formułowania właściwych pytań, poprawnej interpretacji odpowiedzi oraz umiejętności docierania do istoty problemów dręczących pacjenta nawet wtedy, gdy on sam nie chce czy nie umie podać lekarzowi potrzebnych danych z własnej inicjatywy. Dydaktyczne walory zastosowania telemedycyny cenią też specjaliści od medycyny katastrof oraz organizatorzy służb ratowniczych [Pedl03]. Prostem, ale skutecznym narzędziem do zdalnej edukacji medycznej z wykorzystaniem narzędzi telemedycznych mogą być zwykłe zestawy telekonferencyjne [Himp02]. Najbardziej ambitnym (ale też wymagającym największych nakładów) jest zastosowanie metod telemedycznych do nauczania przyszłych chirurgów trudnej sztuki przeprowadzania operacji, przy czym obiektem doświadczalnym jest w tym przypadku symulowany pacjent [Yanj03]. Taki sposób nauki praktycznych aspektów zawodu medycznego jest zarówno bezpieczny, jak i bardzo efektywny, gdyż metody zaawansowanej grafiki komputerowej mogą stwarzać bardzo realistyczne wrażenie obserwowania rzeczywistego pola operacyjnego, zaś nowoczesne systemy komunikacji człowieka z komputerem mogą nawet dostarczać dotykowego sprzężenia



zwrotnego – na przykład symulując za pomocą specjalnego siłownika zmienną wielkość oporu, jaką musi pokonywać symulowany skalpel rozcinający symulowaną tkankę.

## 5. 6. Pozatechniczne i pozamedyczne aspekty badawcze telemedycyny

Rozwój telemedycyny, silnie uzależniony od przesłanek technicznych i medycznych (jak to wyżej dyskutowano) warunkowany jest także koniecznością rozwiązania szeregu problemów o charakterze organizacyjnym (patrz np. [Lind02] albo [Weer03]), które bywają poważną bolączką współczesnej służby zdrowia. Jeśli telemedycyna ma się stać dziedziną praktyczną, a nie tylko sferą działania garstki hobbystów, to konieczne są zwłaszcza badania, które rozwiążą liczne trudne kwestie ekonomiczne [Tsu03] i społeczne [Leif02]. Niebanalną kwestią jest chociażby zagadnienie właściwej koordynacji [Cher03] w ramach opieki telemedycznej działań wielu ludzi i wielu organizacji, którzy z natury muszą działać w rozproszeniu i podejmować indywidualne decyzje, a jednocześnie powinni funkcjonować na tyle zgodnie, by ich działania nie prowadziły do anarchii, lecz wspierały się i uzupełniały wzajemnie. Wprowadzane do praktyki techniki telemedyczne mogą więc stworzyć bardzo ciekawy obszar badawczy dla ekonomii, nauk o zarządzaniu [Jean03], a także nauk społecznych [Obst03]. Z jednej strony bowiem techniki telemedyczne mogą znacząco ułatwiać i usprawniać zarządzanie procesem nowoczesnego świadczenia usług medycznych, z drugiej jednak same wymagają sprawnego zarządzania, jeśli mają przynieść oczekiwane korzyści [Gelf03].

Jednym z obszarów społecznych, wymagających badań naukowych i naukowej refleksji jest kwestia w miarę precyzyjnej (ilościowej [Ales03]) oceny satysfakcji, jaką z usługami medycznymi wiążą zarówno ich oferenci, jak i odbiorcy [Larc03]. Ta ocena jakości może (i powinna!) być bardzo rygorystyczna w przypadku dużych i złożonych usług telemedycznych [Kenn03], jednak nie bez znaczenia są także studia odwołujące się do kryteriów jakościowych w odniesieniu do bardzo prostych technik telemedycznych takich, jak konsultacje pacjentów (zwłaszcza cierpiących na choroby chroniczne), wykonywane przez prowadzącego ich lekarza za pomocą najprostszego narzędzia, jakim jest zwykły email [PattH03]. Ocena jakości usług telemedycznych, zbierana u samych pacjentów i odpowiednio przetwarzana na wskaźnik całościowej satysfakcji, jest szczególnie ważna w przypadku pacjentów pochodzących z terenów wiejskich [Guil03], którzy zapewne w przyszłości będą największymi odbiorcami usług telemedycznych.

Taka złożona i wieloaspektowa naukowa ocena [Arab03] i walidacja jakości usług telemedycznych powinna być w przyszłości głównym czynnikiem selekcyjnym stosowanym przy projektowaniu systemów telemedycznych [Walt02]. Dla dalszego rozwoju tej dziedziny bardzo ważne są próby stworzenia formalnego modelu usług i procesów telemedycznych [Boui03] oraz ogólnej metodologii telemedycyny [Duch03]. Oczywiście nie do pominięcia jest w tym kontekście czynnik ekonomiczny [Wing03], który bez-

względnie powinien być przedmiotem wnikliwych badań [Bang03] i analiz porównawczych, w szczególności odwołujących się do metodologii związanej z podejściem systemowym. Stan obecny w tym zakresie jest jednak wysoce niezadowolający. Jak wiadomo, nieformalny system powiązań, jaki tworzy się w poszczególnych obszarach aktywności telemedycznej, cechuje się obecnie tym, że poszczególne ogniwa wchodzące w jego skład (najczęściej mające charakter określonych serwisów internetowych) są stale niezależnie od siebie modyfikowane i modernizowane, gdyż za każdy z tych elementów odpowiedzialny jest inny zespół ludzi, ulokowany w innym miejscu, związany z inną instytucją, i mający własne pomysły na temat kierunków oraz form doskonalenia swojej działalności. Jednym ze skutków tego stanu rzeczy jest fakt, że zarówno twórcy innych serwisów telemedycznych, jak i ich użytkownicy, wchodząc do tego samego serwera w sieci, nigdy nie mogą być pewni, co tam zastaną [Levy02]. Dotyczy to zarówno warstwy materialnej oferowanych zasobów (liczba i charakter udostępnianych informacji oraz usług może się bardzo istotnie zmienić nawet w krótkim interwale czasowym), jak i warstwy jakościowej (serwer, który do tej pory był wysoce wiarygodny i efektywny może stać się niegodny zaufania – a także odwrotnie: pod adresem do tej pory mało interesującym może się pojawić usługa mająca bardzo dużą wartość [Mira03]). Jak wykazują wyniki badań przeprowadzonych w Norwegii [Rose02], problem ten jest znacznie poważniejszy, niż mogłoby się wydawać na podstawie powierzchownego oglądu, gdyż sytuację komplikuje dodatkowo fakt, że ludzie darzą serwery medyczne dużym zaufaniem, często znacznie większym, niż na to obiektywnie zasługują. Bez podejścia systemowego użytkowanie takich zasobów może być wręcz ryzykowne. Natomiast wprowadzenie systemowych metod oceny, walidacji [Palo03], być może nawet certyfikacji – oraz stałego nadzoru nad uzgodnionymi standardami, może mieć fundamentalne znaczenie dla całego rozwoju rozważanej tu dziedziny.

## 6. Próba podsumowania

Nie ulega wątpliwości, że opisywana w tej pracy telemedycyna ma się dobrze. Na całym świecie powstaje wiele systemów, które mniej lub bardziej zasadnie nazywa się telemedycznymi. Rządy i organizacje polityczne lokują tę dyscyplinę na liście swoich priorytetów. Poświęca się jej wiele publikacji (wykaz przytoczony na końcu tej pracy stanowi drobny fragment tych prac, które w związku z telemedycyną ukazały się w ciągu kilku ostatnich lat). A jednak patrząc na telemedycynę z punktu widzenia udziału dojrzałej refleksji naukowej w procesie jej formowania – odczuwa się niedosyt. Brakuje bowiem pogłębionych i ukierunkowanych właśnie na potrzeby telemedycyny badań technicznych w całym zakresie dziedzin, które powinny telemedycynę wspierać. W pracy wskazano (dosyć arbitralnie) zadania dla dziedzin takich, jak: informatyka, telekomunikacja, automatyka i robotyka. Ta lista oczywiście nie jest zamknięta, bowiem to,

czym telemedycyna obecnie się posługuje, to są w dziedzinie techniki „odpadki z pańskiego stołu”: systemy łączności rozwijane pod kątem potrzeb komunikacji obywateli oraz instytucji biznesowych, systemy i programy komputerowe przeznaczone do gromadzenia i przetwarzania dowolnych danych, nie uwzględniające specyfiki potrzeb telemedycznych, roboty i manipulatory budowane pierwotnie dla potrzeb przemysłu itd. W dziedzinie medycyny procedury telemedyczne także nie wypracowały jeszcze swojej tożsamości i odrębności, w związku z czym osiąga się zamierzone cele, stosując w istocie tradycyjne metody i procedury – tyle tylko, że realizowane za pomocą nowych środków technicznych. I wreszcie sfera organizacji, zarządzania, ekonomii, a także socjologii telemedycyny – także są w powijkach. Tym wszystkim trzeba się pilnie zająć w obszarze prowadzonych obecnie badań naukowych, gdyż brak takiej naukowej refleksji przekształci się (prędzej czy później) w jeden z głównych hamulców dalszego postępu telemedycyny.

Natomiast na tych, którzy zdecydują się podjąć wyzwanie i zwiążą swoje badania naukowe z obszarem omawianej tu dziedziny, czeka nagroda podwójna. Po pierwsze, liczba wyzwań i nietkniętych jeszcze tematów naukowych pozwoli w tej dziedzinie szczególnie szybko gromadzić dorobek i uzyskiwać nowe, w pełni oryginalne wyniki, o które na bardziej „uczęszczanych” szlakach rozwoju nauki jest zdecydowanie trudniej. Po drugie zaś, każdy wartościowy wynik uzyskany w telemedycynie ma zdecydowanie pozytywny certyfikat moralny, służy bowiem ochronie i obronie największej ze wszystkich wartości – to znaczy zdrowia i życia ludzi. Dla wielu badaczy, zmęczonych tworzeniem naukowych rozwiązań na zamówienie wojska lub drapieżnej gospodarki, w której racje społeczne nie zawsze wygrywają z przemożną żądzą zysku – może to być swoiste moralne *katharsis*.

## Literatura

- [AlAl03] Al-Ali A.R., Al-Rousan M., Al-Shaikh M.: *Embedded system-based mobile patient monitoring device*. Proceedings 16th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems. CBMS 2003. IEEE. 2003, pp.355-360.
- [Ales03] Alessi N.E.: *Quantitative documentation of the therapeutic efficacy of adolescent telepsychiatry*. Telemedicine Journal & E-Health, vol.9, no.3, Fall 2003, pp.283-289.
- [Arab03] Arabshian K., Schulzrinne H.: *A SIP-based medical event monitoring system*. Proceedings of 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry. IEEE. 2003, pp.66-70.
- [Aziz03] Aziz A.A., Besar R.: *Application of mobile phone in medical image transmission*. 4th National Conference on Telecommunication Technology. Proceedings 4th National Conference on Telecommunication Technology. Shah Alam, Malaysia. 14-15 Jan. 2003, pp.80-83.
- [Bald03] Baldwin L. Clarke M. Hands L. Knott M. Jones R.: *The effect of telemedicine on consultation time*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.9, suppl.1, 2003, pp.71-73.
- [Bang03] Bangs I., Baldwin L.P., Clarke M., Hands L., Jones R.W., Mahaffey W.: *A technology-*

- assisted approach to integrating healthcare in the community*. Telemedicine Journal & E-Health, vol.9, no.2, Summer 2003, pp.215-221.
- [Boui03] Bouillon Y., Wendling F.: *Model-based approach to control over concurrency in interactive CSCW applications: application to telemedicine*. Annales des Telecommunications-Annals of Telecommunications, vol.58, no. 5-6, May-June 2003, pp.766-81.
- [Butn03] Butner S.E., Ghodoussi M.: *Transforming a surgical robot for human telesurgery*. IEEE Transactions on Robotics & Automation, vol.19, no.5, Oct. 2003, pp.818-824.
- [Cher03] Cherry J.C., Dryden K., Kobb R., Hilsen P., Nedd N.: *Opening a window of opportunity through technology and coordination: a multisite case study*. Telemedicine Journal & E-Health, vol.9, no.3, Fall 2003, pp.265-271.
- [Clou03] Clough K., Jardine I.: *Telemedicine: five years on – what progress?* British Journal of Healthcare Computing & Information Management, vol.20, no.6, July 2003, pp.21-23.
- [Cole02] Cole A.M., Tran B.Q.: *Home automation to promote independent living in elderly populations*. Conference Proceedings. Second Joint EMBS-BMES Conference 2002. 24th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society. IEEE. vol.3, 2002, pp.2422-2423
- [Cole03] Coleman B.: *Producing an information leaflet to help patients access high quality drug information on the Internet: a local study*. Health Information & Libraries Journal, vol.20, no.3, Sept. 2003, pp.160-171.
- [Cost03] Costello S.S.P., Johnston D.J., Dervan P.A., O'Shea G.: *Development and evaluation of the virtual pathology slide: a new tool in telepathology*. Journal of Medical Internet Research, vol.5, no.2, April-June 2003
- [Curr03] Curro V., Buonomo P.S., De Rose P., Onesimo R., Vituzzi A., D'Atri A.: *The evolution of web-based medical information on sore throat: a longitudinal study*. Journal of Medical Internet Research, vol.5, no.2, April-June 2003
- [Deut03] Deutsch J.E., Lewis J.A., Boian R., Burdea G.: *Virtual reality telerehabilitation: an inter-disciplinary collaboration*. Proceedings of the IEEE 29th Annual Northeast Bioengineering Conference. IEEE. 2003, pp.281-282.
- [Duch03] Duchene F., Garbay C., Rialle V.: *An hybrid refinement methodology for multivariate simulation in home health telecare*. Proceedings. 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry. IEEE. 2003, pp.101-110.
- [Ells02] Ellsworth C., Winters J.: *An innovative system to enhance upper-extremity stroke rehabilitation*. Conference Proceedings. Second Joint EMBS-BMES Conference 2002. 24th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society. IEEE. vol.3, 2002, pp.2367-2368.
- [Eyse03] Eysenbach G.: *SARS and population health technology*. Journal of Medical Internet Research, vol.5, no.2, April-June 2003.
- [Flem03] Flemmer H., Wikander J.: *Transparency and stability analysis of a surgical teleoperator system*. Proceedings 11th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems. HAPTICS 2003. IEEE Comput. Soc. 2003, pp.382-389.
- [Gard03] Gardner T.W., Harrison D.J.: *Telepathology – the Edinburgh experience*. Bjhc&Im-British Journal of Healthcare Computing & Information Management, vol.20, no.6, July 2003, pp.32-33.
- [Gelf03] Gelfand K., Geffken G., Halsey-Lyda M., Muir A., Malasanos T.: *Intensive telehealth management of five at-risk adolescents with diabetes*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.9, no.2, 2003, pp.117-121.
- [Gome02] Gomez E.J., Hernando M.E., Garcia A., Del Pozo F., Cermeno J., Corcoy R., Brugues

- E., De Leiva A.: *Telemedicine as a tool for intensive management of* Computer Methods & Programs in Biomedicine, vol.69, no.2, Aug.2002, pp. 163-177.
- [Gras02] Grasczew G., Roelofs T.A., Rakowsky S., Schlag P.M.: *WinVicos – wavelet-based interactive video communication system for medical and non-medical applications*. IEEE ICIT '02. 2002 IEEE International Conference on Industrial Technology. `Productivity Reincarnation through Robotics and Automation'. IEEE. Part vol.2, 2002, pp.864-868
- [Guil03] Guilfoyle C., Wootton R., Hassall S., Offer J., Warren M., Smith D., Eddie M.: *User satisfaction with allied health services delivered to residential facilities via videoconferencing*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.9, suppl.1, 2003, pp.52-54.
- [Himp02] Himpens B.: *The Pentalfa project.3. Participant evaluations of the interactivity of the educational videoconferences and the effectiveness of project promotion*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.9, no.3, 2003, pp.167-170.
- [Ippo03] Ippolito A., De Falco M., Triassi M., Di Lieto A.: *A cost study of prenatal telemedicine*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.9, no.5, 2003, pp.288-291.
- [Jean03] Jeannot J.-G., Scherer F., Pittet V., Vader J.P.: *Use of the World Wide Web to implement practice guidelines: a feasibility study*. Journal of Medical Internet Research, vol.5, no.2, April-June 2003
- [John02] Johnston K.C., Worrall B.B.: *Teleradiology assessment of computerized tomographs online reliability study (TRACTORS) for acute stroke evaluation*. Telemedicine Journal & E-Health, vol.9, no.3, Fall 2003, pp.227-233.
- [Jone03] Jones O.C. Wilson D.I. Andrews S.: *The reliability of digital images when used to assess burn wounds*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.9, suppl.1, 2003, pp.22-24.
- [Kawa03] Kawasaki S., Ito S., Satoh S., Mori Y., Saito T., Fukushima H., Kato S., Sekihara H.: *Use of telemedicine in periodic screening of diabetic retinopathy*. Telemedicine Journal & E-Health, vol.9, no.3, Fall 2003, pp.235-239.
- [Kawa04] Kawasaki Y., Ino F., Mizutani Y., Fujimoto N., Sasama T., Sato Y., Sugano N., Tamura S., Hagihara K.: *High-performance computing service over the Internet for intraoperative image processing*. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, vol.8, no.1, March 2004, pp.36-46.
- [Kenn03] Kennedy C., Johnston K., Taylor P., Murdoch I.E.: *Determining clinician satisfaction with telemedicine*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.9, suppl.1, 2003, pp.62-64.
- [Koul03] Kouloulis V.E., Ntasis E., Poortmans P., Maniatis T.A., Nikita K.S.: *A scenario for a web-based radiation treatment planning structure: a new tool for quality assurance procedure?* Technology & Health Care, vol.11, no.2, 2003, pp.105-114.
- [Larc03] Larcher B. et al.: *Analysis of user-satisfaction with the use of a teleconsultation system in oncology*. Medical Informatics & the Internet in Medicine, vol.28, no.2, 2003, pp.73-84.
- [Leif02] Leifer L.J., Wagner J.J., Johnson M.J., Machiel Van der Loos H.F.: *ILABs: socio-technical challenges in telerehabilitation, distant learning and universal access to continuing education*. Conference Proceedings. Second Joint EMBS-BMES Conference 2002. 24th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society. IEEE. Part vol.3, 2002, pp.2351-2352.
- [Levy02] Levy S., Jack N., Bradley D., Morison M., Swanston M.: *Perspectives on telecare: the client view*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.9, no.3, 2003, pp.156-160.
- [Lind02] Linderoth H.C.J.: *Fiery spirits and supporting programs of action: keys to exploration and exploitation of open technologies [telemedicine]*. International Journal of Healthcare Technology & Management, vol.4, no.3-4, 2002, pp.319-332.

- [LiuM02] Liu P.X., Meng M.Q.H., Gu J.J.: *A teleoperation platform for networked home healthcare robotic system over the Internet*. Conference Proceedings. Second Joint EMBS-BMES Conference 2002. 24th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society. IEEE. Part vol.3, 2002, pp.2369-2370
- [LiuR01] Liu H., Ravindran A., Miller D.J., Kavehrad M., Doherty J.F., Agoren I., Lackpour A.: *Error-resilient H.263 video coding for wideband CDMA systems*. Conference Record of Thirty-Fifth Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers. IEEE. Part vol.1, 2001, pp.684-688.
- [Masu02] Masuda K., Tateishi N., Suzuki Y., Kimura E., Ying Wie., Ishihara K.: *Experiment of wireless tele-echography system by controlling echographic diagnosis robot*. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*, 5th International Conference. Proceedings, Part I (Lecture Notes in Computer Science Vol.2488). Springer-Verlag, Berlin 2002, pp.130-137.
- [Merr03] Merrell R.C., Doarn C.R.: *Meeting summary: a Department of Defense agenda for development of the surgical suite of tomorrow - implications for telemedicine*. *Telemedicine Journal & E-Health*, vol.9, no.3, Fall 2003, pp.297-301.
- [Mira03] Miranda P., Aguilar J.: *A prototype of a multiagents system for a telemedicine environment*. *International Journal of Engineering Intelligent Systems for Electrical Engineering & Communications*, vol.11, no.1, March 2003, pp.3-8.
- [Monr03] Monrad Aas I.H., Terje Geitung J.: *Choosing networks for picture archiving and communication systems and teleradiology*. *Journal of Telemedicine & Telecare*, vol.9, suppl.1, 2003, pp.27-29.
- [Naka03] Nakajima I. Ohyama F. Juzoji H. Sadiq M.A. Penjor K.: *Telemedicine in the land of thunder dragon - East Bhutan tele-ECG project*. Proceedings. 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry (IEEE Cat. No.03EX717). IEEE. 2003, pp.48-51.
- [Obst03] Obstfelder A.: *Social dilemmas in a telemedicine network: experience with the implementation of the Norwegian Pathology Network*. *Journal of Telemedicine & Telecare*, vol.9, suppl.1, 2003, pp.29-30.
- [Ohta02] Ohta S., Nakamoto H., Shinagawa Y., Tanikawa T.: *A health monitoring system for elderly people living alone*. *Journal of Telemedicine & Telecare*, vol.8, no.3, 2002, pp.151-156.
- [Palo03] Palombo A. Ferguson J. Rowlands A. Pedley D. Fraser S.: *An evaluation of a telemedicine fracture review clinic*. *Journal of Telemedicine & Telecare*, vol.9, suppl.1, 2003, pp.31-33.
- [PattH03] Patt M.R., Houston T.K., Jenckes M.W., Sands D.Z., Ford D.E.: *Doctors who are using e-mail with their patients: a qualitative exploration*. *Journal of Medical Internet Research*, vol.5, no.2, April-June 2003.
- [Pedl03] Pedley D. Brebner E. Rowlands A. Palombo A. Ferguson J.: *A role for tele-education in the centralization of accident and emergency services*. *Journal of Telemedicine & Telecare*, vol.9, suppl.1, 2003, pp.33-34.
- [Pope02] Popescu G.V., Burdea G., Boian R.: *Shared virtual environments for telerehabilitation. Medicine Meets Virtual Reality 02/10. Digital Upgrades: Applying Moore's Law to Health*. IOS Press. 2002, pp.362-268.
- [Puja03] Pujary C. Savage M. Mendelson Y.: *Photodetector size considerations in the design of a noninvasive reflectance pulse oximeter for telemedicine applications*. Proceedings of the IEEE 29th Annual Northeast Bioengineering Conference. IEEE. 2003, pp.148-149.

- [Qure03] Qureshi A.A. Kvedar J.C.: *Patient knowledge and attitude toward information technology and teledermatology: some tentative findings*. Telemedicine Journal & E-Health, vol.9, no.3, Fall 2003, pp.259-64.
- [Riva 02] Riva G., Bacchetta M., Cesa G., Conti S., Molinari E.: *e-health in eating disorders: virtual reality and telemedicine in assessment and treatment*. Medicine Meets Virtual Reality 02/10. Digital Upgrades: Applying Moore's Law to Health. IOS Press. 2002, pp.402-408.
- [Riva02] Riva G.: *The emergence of e-health: using virtual reality and the Internet for providing advanced healthcare services*. International Journal of Healthcare Technology & Management, vol.4, no.1-2, 2002, pp.15-40.
- [Rose02] Rosenvinge J.H. Laugerud S. Hjortdahl P.: *Trust in health Websites: a survey among Norwegian Internet users*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.9, no.3, 2003, pp.161-166.
- [Salv02] Salvador C.H., Gonzalez M.A., Munoz A., Pascual M.: *Teleradiology from primary care: comparison of user activity in two different scenarios*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.8, no.3, 2002, pp.178-182.
- [Sava03] Savage M., Pujary C., Mendelson Y.: *Optimizing power consumption in the design of a wearable wireless telesensor: comparison of pulse oximeter modes*. Proceedings of the IEEE 29th Annual Northeast Bioengineering Conference. IEEE. 2003, pp.150-151.
- [Saxe03] Saxena S.C., Kumar V., Giri V.K.: *Telecardiology for effective healthcare services*. Journal of Medical Engineering & Technology, vol.27, no.4, July-Aug. 2003, pp.149-159.
- [Scuf02] Scuffham P.A. Steed M.: *An economic evaluation of the Highlands and Islands tele-dentistry project*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.8, no.3, 2002, pp.165-77.
- [Shar03] Sharpe L.: *Doctors at a distance [telemedicine]*. IEE Review, vol.49, no.9, Sept. 2003, pp.44-47.
- [Simp03] Simpson S., Knox J., Mitchell D., Ferguson J., Brebner J., Brebner E.: *A multidisciplinary approach to the treatment of eating disorders via videoconferencing in north-east Scotland*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.9, suppl.1, 2003, pp.37-38.
- [Skia02] Skiadas M. et al.: *Design, implementation and preliminary evaluation of a telemedicine system for home haemodialysis*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.8, no.3, 2002, pp.157-164.
- [Sorv02] Sorvanierni M.: *Telepsychiatry in emergency consultations*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.8, no.3, 2002, pp.183-184.
- [SunX03] Sun Li-ning, Xie Xiao-hui, Fu Li-xin, Du Zhi-jiang.: *Internet-based telerobotic surgery: problems and approaches*. Journal of the Harbin Institute of Technology, vol.35, no.2, Feb. 2003, pp.129-133.
- [Tach03] Tachakra S. Wang X.H. Istepanian R.S.H. Song Y.H.: *Mobile e-health: the unwired evolution of telemedicine*. Telemedicine Journal & E-Health, vol.9, Fall 2003, pp.247-257.
- [Tsuji03] Tsuji M., Suzuki W., Taoka F.: *An economic evaluation of the Japanese telehealth system by CVM: comparison of four regions*. Proceedings. 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry. IEEE. 2003, pp.24-28.
- [Tual03] Tually P., Janssen J., Cowell S., Walker J.: *A preliminary assessment of Internet-based nuclear telecardiology to support the clinical management of cardiac disease in a remote community*. Journal of Telemedicine & Telecare, vol.9, suppl.1, 2003, pp.69-71.
- [Tulu03] Tulu B., Samir Chatterjee, Tarun Abhichandani. Li H.: *Secured video conferencing desktop client for telemedicine*. Proceedings. 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry. IEEE. 2003, pp.61-65.
- [Urba03] Urbach J., Elishkevitz K., Rotstein R., Rozenblat M.V., Mardi T., Shapira I., Brandski

- D., Berliner S.: *Telemedicine-based application for the detection of inflammation in pediatrics*. Telemedicine Journal & E-Health, vol.9, no.3, Fall 2003, pp.241-245.
- [Vawd03] Vawdrey D.K., Hall E.S., Knutson C.D., Archibald J.K.: *A self-adapting healthcare information infrastructure using mobile computing devices*. Proceedings. 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry. IEEE. 2003, pp.91-97.
- [Vilc03] Vilchis A. et al.: *Robotized teleechography: from concepts to clinical validation*. Annales des Telecommunications-Annals of Telecommunications, vol.58, no.5-6, May-June 2003, pp.687-97.
- [Walt02] Walter Z., Tung Y.A.: *E-healthcare system design: a consumer preference approach*. International Journal of Healthcare Technology & Management, vol.4, 2002, pp.53-70.
- [Weer03] Weerakkody G., Ray P.: *CSCW-based system development methodology for health-care information systems*. Telemedicine Journal & E-Health, vol.9, no.3, Fall 2003, pp.273-282.
- [WheD03] Whe D. L.: *A firewall approach to personal knowledge system*. Proceedings 16th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems. CBMS 2003. IEEE. 2003, pp.295-300.
- [Wiec03] Wiecha J.M., Gramling R., Joachim P., Vanderschmidt P.: *Collaborative e-learning using streaming*. Journal of Medical Internet Research, vol.5, no.2, Univ. Heidelberg, Germany, April-June 2003.
- [Wils03] Wilson P., Glanville J., Watt I.: *Access to the online evidence base in general practice: a survey of the northern and Yorkshire region*. Health Information & Libraries Journal, vol.20, no.3, Sept. 2003, pp.172-178.
- [Wing03] Winget M.D., Baron J.A., Spitz M.R., Brenner D.E., Warzel D., Kincaid H., Thornquist M. Feng Z.: *Development of common data elements: the experience of and recommendations from the Early Detection Research Network*. International Journal of Medical Informatics, vol.70, no.1, April 2003, pp.41-48.
- [Yanj03] Yanjiang Yang, Zhenlan Wang, Feng Bao, Deng R.H.: *Secure the image-based simulated telesurgery system*. Proceedings of the 2003 IEEE International Symposium on Circuits and Systems. IEEE. Part vol.2, 2003, pp.II-596-599.

### Telemedicine – the new challenge for modern science

Often a fast progress in practical solutions precedes theoretically and methodologically available results and forces to search for new formulation of problems. Identification of areas in which one observes such fast development appears in turn important driving force for new discoveries. In the paper we try to show that such promising area is telemedicine. Practical applications of telemedicine with no doubt is the area of increasing importance connected, however, with many new practical problems and with a need of original solutions in technology, medicine as well as in management and law. Having them known the next step definitely belongs to the science. In paper we try also to show and point out some scientific problems (in electronics, telecommunication, computer science, automatic control, medicine, and other), which must be solved to ensure farther fast development of telemedicine. Because every new scientific result in the area of telemedicine means important step on the way to better services for life and health of many people, the collection of shown above problems must be taken into account by the scientists searching for new challenges.

**Key words:** telemedicine, development of science, computer science, telecommunication, automatic control, electronics, instrumentation